précipitations acides

ÉTAT DE L'ACIDITÉ DES LACS DE LA RÉGION HYDROGRAPHIQUE DE L'OUTAOUAIS

Publication PA-29

Québec

RÉSEAU QUÉBÉCOIS DE SURVEILLANCE DE L'ACIDITÉ DES EAUX DE SURFACE

ÉTAT DE L'ACIDITÉ DES LACS DE LA RÉGION HYDROGRAPHIQUE DE L'OUTAOUAIS

Publication PA-29

par

Jacques Dupont, M.Sc.

Direction de la qualité du milieu aquatique
Ministère de l'Environnement du Québec

Mars 1988

Précipitations acides QEN/PA-29

89-04981/

Dépôt légal - 2e trimestre 1988
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
ISBN 2-550-17856-4

Envirodoq 870249
ACIDOC 878003

RÉDACTION ET INTERPRÉTATION

Jacques Dupont[1]

COLLABORATION

Lévis Talbot[1]
Yves Grimard[1]
Yvon Richard[1]
Marc Simoneau[1]
John Haemmerli[2]

ÉCHANTILLONNAGE

Yves Vallée[1]
Michel Groleau[1]
Denis Robichaud[1]
Serge Poirier[1]

RÉVISION LINGUISTIQUE

André Richard[3]

FIGURES

Francine Matte-Savard[1]
Claude Létourneau[1]
Rémy lessard[4]
Normand Guay[4]

1 Direction de la qualité du milieu aquatique, ministère de l'Environnement du Québec, 3900 rue Marly, Sainte-Foy, Québec, G1X 4E4.
2 Direction générale des eaux intérieures, Région de Québec, Environnement Canada, 1141 route de l'Église, Sainte-Foy, Québec.
3 Direction des communications, ministère de l'Environnement du Québec, 3900 rue Marly, Sainte-Foy, Québec, G1X 4E4.
4 Direction du milieu hydrique, ministère de l'Environnement du Québec, 3900 rue Marly, Sainte-Foy, Québec, G1X 4E4.

RÉSUMÉ

Dans le but de quantifier l'état de la qualité des eaux lacustres de la région hydrographique de l'Outaouais et de l'extrapoler à l'ensemble des lacs considérés vulnérables de la région, la Direction de la qualité du milieu aquatique du ministère de l'Environnement du Québec a procédé en mars 1986 à un échantillonnage de 317 lacs.

Des 40 180 plans d'eau recensés sur le bassin versant de la rivière des Outaouais, 82,3 pour cent (33 080 lacs) sont localisés dans des secteurs où la géologie ne possède qu'une faible capacité à neutraliser la charge acide. Ces lacs sont donc considérés potentiellement vulnérables aux effets des précipitations acides. Les autres lacs sont, par contre, situés sur des substrats riches en éléments carbonatés et par conséquent ils sont moins susceptibles d'être affectés par les retombées acides.

Les résultats montrent que plusieurs lacs de la région hydrographique de l'Outaouais présentent une acidité élevée. Ainsi, en tenant compte des lacs ayant une superficie de dix à 2 000 hectares qui sont situés en zone sensible (7 253 lacs), 23,3 pour cent de ceux-ci (1 690) présentent un pH inférieur ou égal à 5,5, tandis que 62,5 pour cent des 7 253 lacs (4 533) sont caractérisés par un pH inférieur ou égal à 6,0. En faisant l'hypothèse que la qualité de l'eau des lacs échantillonnés est représentative de celle des lacs de dimensions différentes, l'extension des résultats précédents aux 33 080 lacs situés dans la zone sensible implique qu'un minimum de 7 708 et 20 675 lacs présenteraient des pH respectifs inférieurs ou égaux à 5,5 et 6,0 unités.

Ces lacs sont également très sensibles. Ainsi, plus de 40 pour cent des 7 253 lacs vulnérables de l'Outaouais (3 133 plans d'eau) présentent une alcalinité inférieure à 2 mg/L, valeur qui est d'ailleurs considérée comme un niveau extrême de sensibilité à l'acidification. Plus encore, la presque totalité des 7 253 lacs considérés (92,1 pour cent) présente une alcalinité inférieure à 10 mg/L.

Les apports de sulfates d'origine atmosphérique conjugués aux apports naturels de cet élément en provenance du bassin versant sont en grande partie responsables de l'acidité et de la vulnérabilité extrêmes d'un grand nombre de ces lacs. La dominance anionique par les sulfates dans plus de 77 pour cent des lacs traduit bien cette influence. De même, le rapport bicarbonate/sulfate, qui est généralement supérieur à l'unité dans un milieu non affecté par les apports de polluants aéroportés, présente une valeur inférieure à 1,0 dans 84 pour cent des cas.

L'application du modèle de gestion SIGMA/SLAM aux 317 lacs échantillonnés a permis de simuler l'effet qu'aurait la réduction des teneurs en sulfates dans les précipitations sur le pH des lacs actuellement affectés. De la même manière, des hausses de concentrations ont été simulées par le modèle.

Selon les résultats du modèle de gestion, la norme actuellement recommandée de 20 kg/ha/an pour le dépôt annuel de sulfates est trop élevée pour protéger adéquatement la plupart des lacs sensibles. En considérant le maintien d'un pH minimal de 6,0, près de 40 pour cent des 33 080 lacs seraient encore affectés, alors qu'en considérant 5,5 comme pH minimal, 8,2 pour cent des lacs seraient encore affectés avec un dépôt de 20 kg/ha/an. Par contre, une norme de 15 kg/ha/an (30 µeq/L pour une précipitation annuelle de 1 000 mm) permettrait de récupérer une très grande proportion des lacs actuellement affectés par les retombées acides (91,4 et 83,0 pour cent en tenant compte de pH respectifs de 5,5 et de 6,0).

MOTS CLÉS: Outaouais, lacs, physico-chimie, acidification, dépôt, précipitations acides, sulfate, extrapolation, échantillonnage aléatoire, modèle de gestion, SIGMA/SLAM, seuil critique.

DUPONT, J. 1987. <u>État de l'acidité des lacs de la région hydrographique de l'Outaouais</u>, Réseau québécois de surveillance de l'acidité des eaux de surface, Direction de la qualité du milieu aquatique, ministère de l'Environnement du Québec, ACIDOQ Nº 878003, Envirodoq Nº 870249, rapport Nº PA-29, 99 pages, 2 annexes.

TABLE DES MATIÈRES

Page

- RÉSUMÉ v
- TABLE DES MATIÈRES vii
- LISTE DES TABLEAUX ix
- LISTE DES FIGURES xi
- LISTE DES ANNEXES xiii
- REMERCIEMENTS xv

I. INTRODUCTION 1

II. MATÉRIEL ET MÉTHODE 5

II.1 DESCRIPTION DE LA RÉGION D'ÉTUDE 5
II.2 PARAMÈTRES ÉTUDIÉS 8
II.3 SÉLECTION DES LACS ET ÉCHANTILLONNAGE 11
II.3.1 Méthode d'échantillonnage 11
II.3.2 Détermination du nombre de stations d'échantillonnage .. 13
II.3.3 Sélection des lacs 15
II.3.4 Protocole d'échantillonnage 18
II.4 CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DE L'ÉCHANTILLONNAGE 19
II.5 DÉFINITION DES PARAMÈTRES STATISTIQUES 19
II.5.1 Définition des paramètres statistiques liés à la moyenne 19
II.5.2 Définition des paramètres statistiques liés aux proportions 21

III. VARIABILITÉ DES INDICATEURS DE LA QUALITÉ DE L'EAU..... 25

III.1 DÉTECTION D'UNE MODIFICATION ÉVENTUELLE DE LA QUALITÉ DE L'EAU..... 25

III.2 VARIABILITÉ SPATIALE DES INDICATEURS DE LA QUALITÉ DE L'EAU. 26

III.2.1 État de l'acidité des lacs..... 30
III.2.2 Niveaux de minéralisation des eaux de surface..... 38
III.2.3 Degré d'agression par les polluants aéroportés acides..... 40
III.2.4 Influence des matières organiques..... 50
III.2.5 Influence des paramètres physiques sur la qualité de l'eau..... 55

IV. APPLICATION DU MODÈLE DE GESTION SIGMA/SLAM AUX LACS DE L'OUTAOUAIS..... 59

IV.1 ÉTAT ACTUEL DES LACS À L'ÉGARD DES RETOMBÉES DE SULFATES.... 61
IV.2 SCÉNARIO DE RÉDUCTION OU DE HAUSSE DES SULFATES AÉROPORTÉS.. 63
IV.3 NORME OPTIMALE DE SULFATES POUR LES APPORTS ATMOSPHÉRIQUES.. 65

V. CONCLUSION..... 71

- BIBLIOGRAPHIE..... 77

- ANNEXES..... 83

LISTE DES TABLEAUX

Page

II.1 Procédures analytiques utilisées pour la détermination des paramètres physico-chimiques..... 9

II.2 Procédures de conservation des échantillons..... 10

II.3 Limites de confiance des méthodes analytiques et intervalles de confiance (précision) maximums considérés pour l'estimation des moyennes régionales..... 16

III.1 Moyenne, écart-type, erreur relative et erreur absolue des paramètres mesurés en laboratoire et de certaines variables empiriques..... 27

III.2 Estimation du nombre de lacs appartenant aux classes de pH, d'alcalinité, de sulfates et de couleur..... 28

III.3 Estimation du nombre de lacs appartenant aux classes de Ca + Mg, de COD, d'ISC et de rapport bicarbonate/sulfate..... 29

IV.1 Effet de réduction ou de hausse des concentrations moyennes annuelles de sulfates pondérées par la hauteur de précipitation sur le nombre de lacs affectés, pour le maintien d'un pH minimal de 6,0 unités..... 62

IV.2 Effet de réduction ou de hausse des concentrations moyennes annuelles de sulfates pondérées par la hauteur de précipitation sur le nombre de lacs affectés, pour le maintien d'un pH minimal de 5,5 unités..... 64

IV.3 Effet de l'application d'une norme de sulfates dans les précipitations sur l'acidité des lacs de la région de l'Outaouais... 68

LISTE DES FIGURES

Page

II.1 Localisation de la région hydrographique de l'Outaouais..... 6

II.2 Géologie du bassin hydrographique de l'Outaouais..... 7

II.3 Localisation des 317 lacs de la région de l'Outaouais..... 12

III.1 Distribution spatiale de l'acidité des 317 lacs de la région de l'Outaouais..... 31

III.2 Distribution spatiale de l'alcalinité bicarbonate de 317 lacs de la région de l'Outaouais..... 35

III.3 Distribution spatiale de l'indice de saturation calcique de 317 lacs de la région de l'Outaouais..... 37

III.4 Distribution spatiale de la somme des concentrations de calcium et de magnésium de 317 lacs de la région de l'Outaouais..... 39

III.5 Distribution spatiale de la conductivité mesurée sur 317 lacs de la région de l'Outaouais..... 41

III.6 Distribution spatiale des concentrations de sulfates mesurées dans 317 lacs de la région de l'Outaouais..... 42

III.7 Distribution spatiale des teneurs moyennes annuelles de sulfates pondérées par la hauteur de précipitation pour l'année 1985 44

III.8 Distribution spatiale des teneurs naturelles de sulfates de 317 lacs de la région de l'Outaouais, selon le modèle empirique de Wright (1983)..... 45

III.9 Distribution spatiale de la dominance anionique de 317 lacs de la région de l'Outaouais..... 47

III.10 Dominance anionique des lacs de la région de l'Outaouais..... 48

III.11 Distribution spatiale des rapports bicarbonate/sulfate de 317 lacs de la région de l'Outaouais..... 49

III.12 Distribution spatiale de l'écart entre les pH théoriques de 317 lacs de l'Outaouais et les pH corrigés pour le pCO_2..... 51

III.13 Distribution spatiale de la couleur vraie de 317 lacs de la région de l'Outaouais..... 53

III.14 Distribution spatiale des concentrations en aluminium filtré de 317 lacs de la région de l'Outaouais..... 54

IV.1 pH calculé par le modèle de gestion en fonction du pH observé dans 317 lacs de la région de l'Outaouais..... 60

IV.2 Pourcentage de lacs de la région hydrographique de l'Outaouais qui ne peuvent maintenir un pH donné en fonction des apports atmosphériques de sulfates..... 66

LISTE DES ANNEXES

page

1. Liste des stations échantillonnées dans la région de l'Outaouais et présentation des données brutes..... 83

2. Liste des stations d'échantillonnage du réseau REPQ utilisées pour l'interpolation des concentrations moyennes pondérées de sulfates pour chacun des 317 lacs de la région hydrographique de l'Outaouais..... 97

REMERCIEMENTS

J'aimerais remercier messieurs Yves Grimard, Yvon Richard, Marc Simoneau et Lévis Talbot de la Direction de la qualité du milieu aquatique du ministère de l'Environnement du Québec, monsieur John Haemmerli de la Direction générale des eaux intérieures d'Environnement Canada, ainsi que messieurs Bernard Bobée et Marius Lachance de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS-Eau) pour leurs conseils et leurs commentaires tout au long de la réalisation de la présente étude.

J'aimerais également souligner la contribution monétaire faite par Environnement Canada à la réalisation de l'actuel réseau de surveillance spatial.

Finalement, des remerciements particuliers vont à tous les intervenants, incluant techniciens, secrétaires, personnel de laboratoire et autres collègues du ministère de l'Environnement qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de la présente étude.

I. INTRODUCTION

La quantification de la qualité de l'eau d'un groupe de lacs et son interpolation à l'ensemble des lacs d'une région s'avèrent une démarche relativement récente dans le domaine des précipitations acides. De fait, peu d'études font état d'un tel exercice dans la littérature. L'essai le plus connu est sans conteste le National Surface Water Survey entrepris en 1984 par l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis, dont est issu le Eastern Lake Survey (EPA, 1985; Linthurst et al., 1986a, 1986b) et dont est également issu le Western Lake Survey (EPA, 1985). Par exemple, le Eastern Lake Survey (ELS) a permis d'extrapoler l'acidité de près de 1 600 lacs, situés dans trois secteurs jugés vulnérables aux apports acides (nord-est, sud-est et centre-nord des États-Unis), à une population cible de 17 953 lacs (Linthurst et al., 1986a, 1986b). L'exercice d'interpolation a ainsi permis d'estimer pour chaque sous-région, avec une certaine précision, un nombre de lacs acides ou un nombre de lacs contenus dans diverses classes de pH ou d'alcalinité. Le plan d'échantillonnage de cet inventaire a été conçu en atelier par un groupe de spécialistes oeuvrant dans divers domaines scientifiques. Malgré un contrôle de qualité exhaustif (Overton et al., 1986; Kanciruk et al., 1986), le programme d'échantillonnage a été critiqué (Patil et al., 1985), démontrant ainsi la complexité de réaliser une telle étude.

Kelso et al. (1986), et dans une moindre mesure, Jeffries et al. (1986), ont également tenté d'interpoler la qualité de l'eau de près de 5 700 lacs canadiens à l'ensemble des lacs du Canada. Contrairement au Eastern Lake Survey, le plan d'échantillonnage des lacs canadiens n'avait pas été conçu pour répondre à l'objectif d'interpolation, si bien que plusieurs critères de la théorie d'échantillonnage n'ont pas été respectés, ce qui résulte dans l'impossibilité d'attribuer un niveau de précision aux résultats obtenus. La démarche de ces auteurs est toutefois justifiée du fait qu'il était urgent d'avoir un aperçu du degré de dégradation des ressources lacustres au Canada et que la mise en place d'un plan d'inventaire conforme aux exigences de la théorie d'échantillonnage n'aurait pu fournir cette estimation que dans quelques années. De plus, cette démarche aurait exigé des ressources phénoménales.

La théorie d'échantillonnage n'est pourtant pas nouvelle. Elle est communément appliquée depuis 30 ans dans les enquêtes économiques et sociologiques (Frontier, 1983). Il faut toutefois mentionner que l'objectif principal de la plupart des inventaires physico-chimiques de lacs réalisés au Québec, au Canada ou encore aux États-Unis avait pour but de déterminer les secteurs vulnérables aux précipitations acides ou les régions affectées par les retombées de polluants aéroportés. Dans de telles circonstances, le plan d'échantillonnage était généralement simplifié. De tous ces inventaires, le critère de non-représentativité des lacs est probablement le facteur qui limite le plus l'interpolation des résultats, du fait que la majorité des plans d'échantillonnage consistait à suivre la qualité de l'eau des lacs de tête. Le nombre de lacs échantillonnés par le passé peut ainsi s'avérer relativement élevé, mais sans être d'aucune utilité pour fournir une estimation précise des ressources affectées par les retombées acides. Par exemple, Dupont et Grimard (1986) ont considéré 1 091 lacs du Québec situés dans tous les secteurs de la province. Toutefois, ces lacs étaient en majorité des petits lacs de tête dont la superficie oscillait entre cinq et 100 hectares. Le pourcentage de lacs acides qu'ils ont observé dans leur étude ne s'appliquait donc qu'aux 1 091 lacs sans qu'il n'y ait possibilité d'interpolation, en raison du sous-échantillonnage de certaines catégories de lacs (absence des petits lacs et des lacs d'ordre hydrologique supérieur aux lacs de tête).

L'obtention d'une image fiable d'une population à partir d'un échantillon est donc soumis à des contraintes précises. De fait, les objectifs, la technique d'échantillonnage ainsi que le type de traitement de données découlant de l'inventaire spatial doivent être connus au départ. Ce n'est donc pas après l'échantillonnage qu'il faut décider quel problème étudier ou quel traitement appliquer aux données. Mar et al. (1986) ont également insisté sur l'importance des méthodes requises pour l'acquisition des données et sur la précision atteinte par celles-ci en tenant compte des contraintes de coûts.

La détermination des secteurs vulnérables du Québec et de l'impact réel des retombées acides sur les lacs a été la principale préoccupation du ministère de l'Environnement du Québec entre 1981 et 1985. Ces études ont alors justifiées des échantillonnages visant à répondre à ces questions. Par exem-

ple, plusieurs secteurs du Québec ont été étudiés: l'Abitibi-Témiscamingue (Dupont, 1984a; Frenette 1986, 1987), l'Outaouais (Dupont, 1985a, 1985b) et plusieurs secteurs des Laurentides (Richard, 1982, 1985, 1986; Dupont, 1984b, 1986a). Depuis 1986, la nouvelle préoccupation du Ministère est de quantifier les dommages causés par les précipitations acides. Ses objectifs sont les suivants:

- quantification de l'état de la qualité des eaux lacustres à partir d'un échantillon représentatif et interpolation de cet état à l'ensemble des lacs d'une région ou de la province;

- prévision, par l'entremise du modèle de gestion SIGMA/SLAM, de l'état futur de l'acidité des lacs selon divers scénarios de réduction des concentrations de sulfates dans les précipitations;

- détection d'une modification de la qualité de l'eau des lacs à partir d'un échantillon représentatif, suite aux réductions d'émissions de produits aéroportés (SO_x et NO_x), et interpolation de cette modification à l'ensemble des lacs d'une région ou de la province.

La réponse à ces objectifs nécessite obligatoirement le recours à la théorie de l'échantillonnage telle que décrite dans Snédécor et Cochran (1957), dans Cochran (1977), dans Frontier (1983) et dans Sanders et al. (1983).

Afin de répondre aux objectifs précédents, le ministère de l'Environnement du Québec, par l'entremise de la Direction des relevés aquatiques, a mis sur pied le réseau québécois de surveillance de l'acidité des eaux de surface. Ce réseau, maintenant sous la responsabilité de la Direction de la qualité du milieu aquatique, est composé des cinq grandes subdivisions hydrographiques présentes au sud du 52° parallèle sur le bouclier canadien (Outaouais, Mauricie, Saguenay - Lac Saint-Jean, Haute Côte-Nord et Abitibi. Le réseau actuel prévoit la visite quinquennale successive des cinq régions d'ici 1990, en débutant par la région de l'Outaouais. Ce projet s'inscrit dans le cadre du suivi environnemental de l'effet des réductions des rejets atmosphériques de SO_2 imposées par le gouvernement du Québec et celui des autres provinces du Canada. Depuis 1986, il est également inclus dans l'en-

tente fédérale-provinciale sur la qualité de l'eau. Le présent document fera état des techniques d'échantillonnage utilisées et des résultats obtenus pour la région de l'Outaouais. De plus, le logiciel de gestion SIGMA/SLAM est appliqué aux résultats dans le but de simuler divers scénarios de réduction ou d'accroissement des sulfates dans les précipitations et leurs effets sur l'acidité des lacs.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODE

Le réseau québécois de surveillance de la qualité des eaux de surface a été mis sur pied en 1986. Cinq régions hydrographiques du bouclier canadien seront visitées d'ici 1990 (voir figure II.1):

- région de l'Outaouais (région 04): mars 1986
- région de la Mauricie (région 05): mars 1987
- région du Saguenay - Lac Saint-Jean (région 06): mars 1988
- région de la Haute Côte-Nord (région 07): mars 1989
- région de l'Abitibi (région 08): mars 1990

Ces campagnes terminées, chacune des cinq régions devrait faire l'objet d'un second échantillonnage cinq ans plus tard dans le but de détecter une quelconque modification de la qualité de l'eau par suite des programmes de réduction des émissions de SO_2 mis de l'avant par les divers paliers gouvernementaux. Le présent document traitera uniquement de la région de l'Outaouais. Un bref survol des autres régions à venir a toutefois été présenté dans Dupont (1986b). Des rapports d'études seront également réalisés pour chacune des autres régions au cours des quatre prochaines années.

II.1 DESCRIPTION DE LA RÉGION D'ÉTUDE

La figure II.1 présente l'emplacement de la région étudiée. Cette région est délimitée au sud et à l'ouest par la rivière des Outaouais. Son extension vers l'est est limitée par la coordonnée 74° 30′ de longitude ouest, tandis que le 49° méridien longe une grande partie de la limite nord du bassin. Cette région hydrographique couvre une superficie de 146 000 km^2. Près de 40 180 lacs répertoriés sont localisés sur ce territoire.

Plus de 80 pour cent du territoire de cette région est caractérisé par des roches ignées ou métamorphiques de type granitique ou gneissique (figure II.2). Les lacs de ces zones seraient grandement vulnérables à l'acidifica-

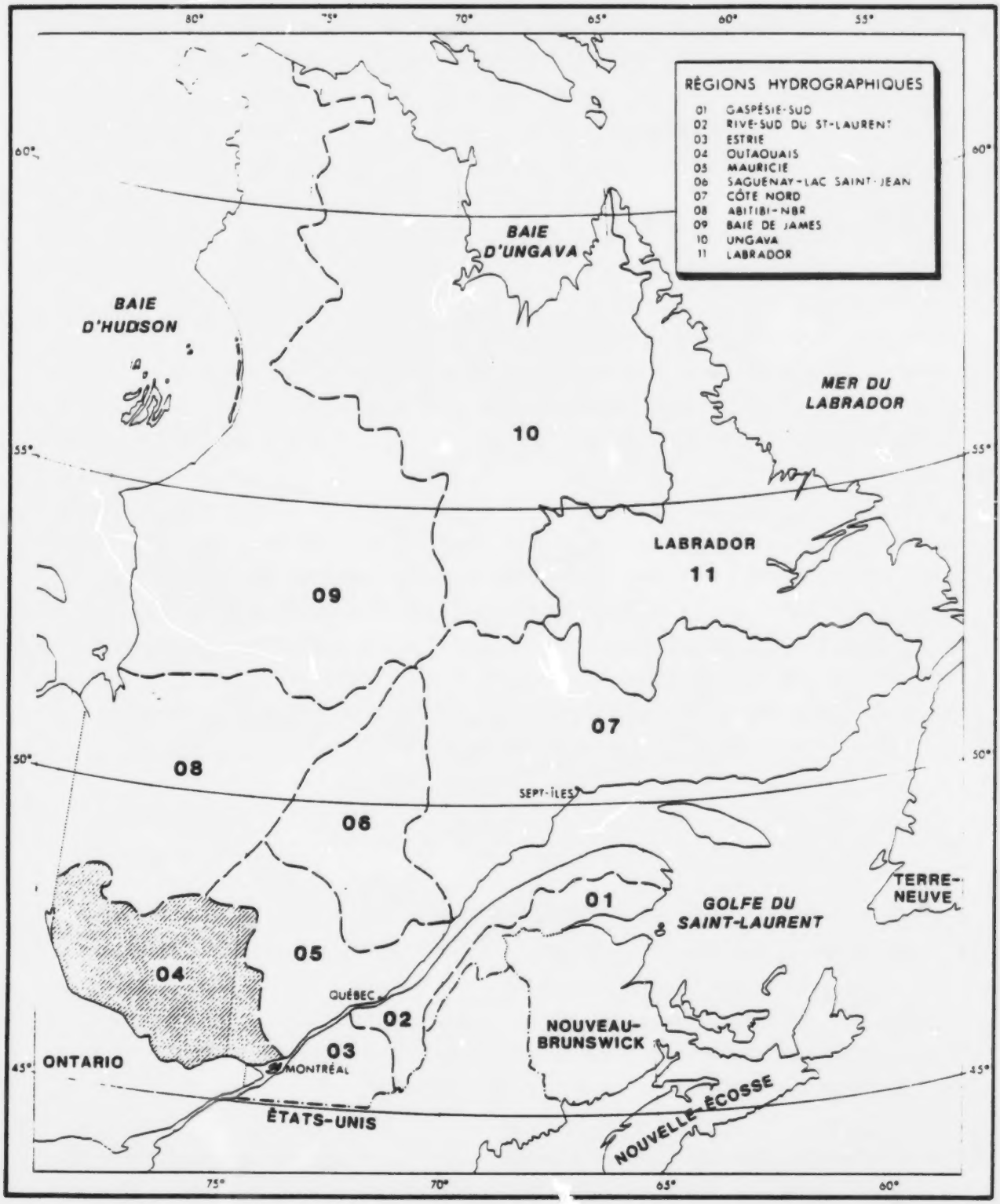


Figure II.1. LOCALISATION DE LA RÉGION HYDROGRAPHIQUE DE L'OUTAOUAIS.

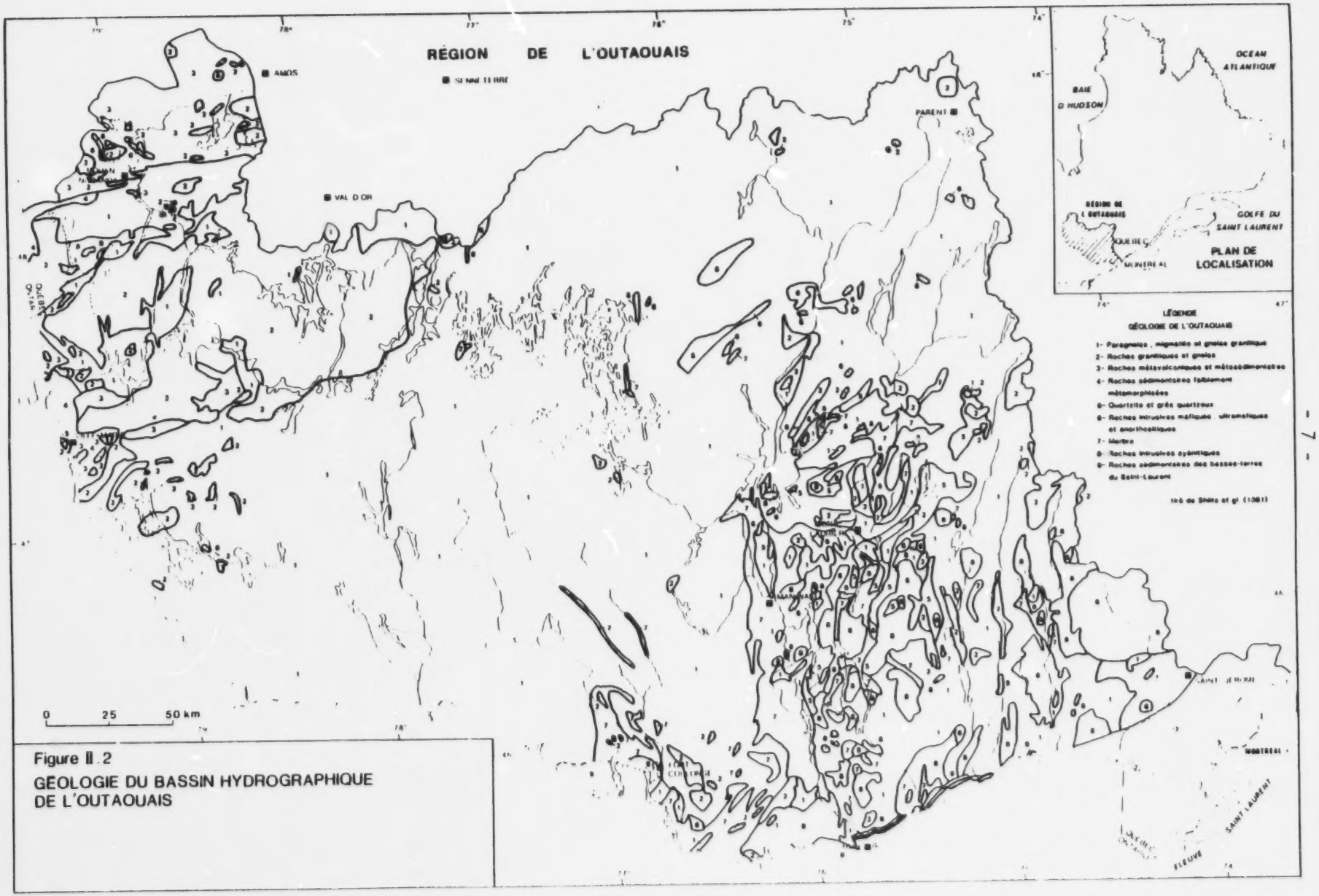


Figure II.2

GÉOLOGIE DU BASSIN HYDROGRAPHIQUE DE L'OUTAOUAIS

tion selon la cartographie de Shilts et al. (1981). L'autre 20 pour cent du territoire est caractérisé par des roches volcaniques (près de Rouyn-Noranda) et des roches du complexe de Grenville qui contiennent notamment des quantités variables d'éléments carbonatés sous forme de marbre (centre-sud de la région étudiée) (Avramtchev et Marcoux, 1980; Shilts et al., 1981). Ces territoires posséderaient une capacité de neutralisation de la charge acide allant de bonne à très bonne.

Les sols de cette région sont en grande partie dérivés de la roche sous-jacente et correspondent généralement à des podzols humo-ferriques orthiques développés sur des tills minces (Clayton et al., 1978; Environnement Canada, 1980). La région immédiate de Rouyn-Noranda est plutôt caractérisée par des luvisols organiques et des gleysols développés sur les argiles lacustres déposées lors de l'épisode du lac proglaciaire Ojibway-Barlow (Tremblay, 1974). La bordure sud de la région de l'Outaouais (zone de roches à forte capacité de neutralisation) est caractérisée par des sols moins acides de types brunisol et gleysol.

L'altitude tend à augmenter de la rive nord de la rivière des Outaouais vers le nord-est où une grande partie du territoire compose les hautes terres des Laurentides. Cette région reçoit de 900 à 1 100 mm d'eau annuellement. La région entourant Rouyn-Noranda constitue une enclave située en basse altitude (basses terres de l'Abitibi). Cette région est caractérisée par des argiles lacustres, des sols organiques ainsi que des lacs peu profonds à fortes concentrations en matière organique.

II.2 PARAMÈTRES ÉTUDIÉS

Dix-huit paramètres physico-chimiques ont été considérés dans le cadre de l'échantillonnage des lacs de l'Outaouais: pH, acides forts, alcalinité, couleur vraie, SO_4, NO_x, NH_4, Cl, conductivité, carbone inorganique dissous (CID), carbone organique dissous (COD), Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn et Al filtré. Le tableau II.1 présente la liste de ces paramètres en incluant la méthode d'analyse en laboratoire, les unités, et le seuil de détection. D'autre part, le tableau II.2 présente la description des préservatifs ajoutés aux divers

Tableau II.1 Procédures analytiques utilisées pour la détermination des paramètres physico-chimiques.

PARAMÈTRE	UNITÉ	MÉTHODE ANALYTIQUE	SEUIL DE DÉTECTION
EN LAC			
pH	unité	Électrométrie	0,1
ACIDES FORTS	µeq/L	Titration conductivimétrique par l'hydroxyde de sodium	2
ALCALINITÉ	mg/L	Titration conductivimétrique à l'acide nitrique	0,1
SO_4	mg/L	Spectrophotométrie	0,5
COULEUR VRAIE	Hazen	Spectrophotométrie	0,1
CONDUCTIVITÉ	µS/cm	Électrométrie	0,1
$NO_3 + NO_2$	mg/L	Spectrophotométrie	0,02
NH_4	mg/L	Spectrophotométrie	0,02
Ca	mg/L	Plasma	0,1
Mg	mg/L	Plasma	0,1
Na	mg/L	Plasma	0,1
K	mg/L	Plasma	0,1
Cl	mg/L	Titration conductivimétrique au nitrate de mercure	0,1
Fe	mg/L	Plasma	0,01
Mn	mg/L	Plasma	0,01
Al-filtré	mg/L	Plasma	0,01
CID	mg/L	Irradiation UV et conductivimétrie	0,1
COD	mg/L	Irradiation UV et conductivimétrie	0,1
DANS LES PRÉCIPITATIONS			
SO_4	µeq/L	Résines échangeurs d'ions avec détection conductivimétrique	2
PRÉCIPITATION	mm	Collecteur de précipitations	1

Tableau II.2 Procédures de conservation des échantillons.

VOLUME (ml)	PARAMÈTRES	PRÉSERVATIFS	CODES
125	NO_3, NH_4	0,5 ml H_2SO_4 8 N	nutriments
125	Fe, Mn, Ca, Mg, Na, K	bouteille neuve lavée 0,5 ml HNO_3 50:50	métaux
125	carbone organique dissous carbone inorganique dissous	aucun préservatif (remplie à ras bord)	COD, CID
1 000	conductivité, couleur vraie, pH, alcalinité, Al filtré, SO_4, Cl, acides forts (H^+)	aucun préservatif	

échantillons d'eau. Dans la présente étude, l'emphase est mise sur huit paramètres: pH, alcalinité, SO_4, NO_X, Ca, Mg, couleur et COD Les données brutes portant sur tous les paramètres mesurés en laboratoire sont présentées à l'annexe 1.

Les données de qualité des précipitations recueillies en 1985 (Jacques et Grimard, 1987) ont également été considérées pour l'application du modèle de gestion SIGMA/SLAM (Dupont, 1987). Le présent document tiendra compte des concentrations moyennes annuelles de sulfates pondérées par la hauteur de précipitation. La détermination d'une concentration spécifique pour chacun des 317 lacs a été réalisée par interpolation manuelle à partir des résultats mesurés sur 23 stations du réseau REPQ (Réseau d'échantillonnage des précipitations du Québec). La liste de ces stations est présentée à l'annexe 2.

II.3 SÉLECTION DES LACS ET ÉCHANTILLONNAGE

II.3.1 Méthode d'échantillonnage

Le protocole d'échantillonnage a été réalisé conformément à la théorie de l'échantillonnage décrite dans Cochran (1977), Sanders et al. (1983) et Frontier (1983). L'approche utilisée correspond à un échantillonnage aléatoire simple.

Nous savons par l'examen des données existantes que la qualité de l'eau des lacs situés en zone sensible est très différente de celle des lacs non-sensibles. Cette division permet de réduire la variance intra-groupe des paramètres. Le but étant surtout de mettre en évidence les dommages causés par les retombées de polluants aéroportés acides et de déterminer par le fait même un nombre de lacs acidifiés, nous avons fait l'hypothèse que seuls les lacs reposant sur un substrat sensible pouvaient être acides, nous évitant ainsi les coûts associés à une double campagne d'échantillonnage. Cette hypothèse semble justifiée par l'absence quasi-totale de lacs acides échantillonnés par le passé sur les substrats à forte capacité de neutralisation de la charge acide. La figure II.3 présente ainsi la localisation des zones non-vulnérables où aucun lac ne fut échantillonné.

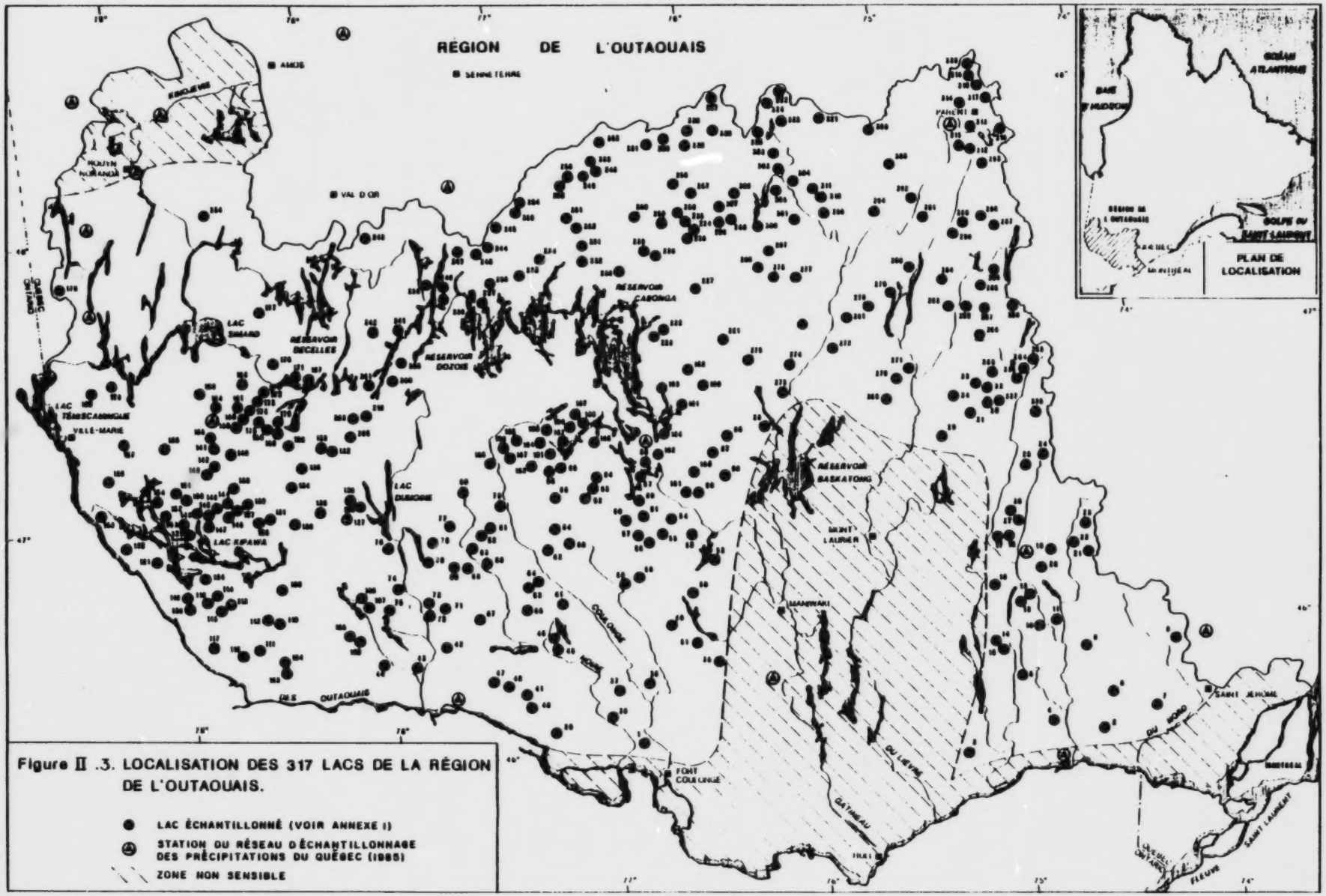


Figure II .3. LOCALISATION DES 317 LACS DE LA RÉGION DE L'OUTAOUAIS.

- LAC ÉCHANTILLONNÉ (VOIR ANNEXE I)
- STATION DU RÉSEAU D'ÉCHANTILLONNAGE DES PRÉCIPITATIONS DU QUÉBEC (1985)
- ZONE NON SENSIBLE

Dans la région hydrographique de l'Outaouais, le bassin versant de près de 82 pour cent des lacs (33 080 des 40 180 lacs recensés) se situe sur des substrats peu altérables chimiquement (sensible à l'acidification), tandis que les autres 18 pour cent (7 100 des 40 180 lacs) sont plutôt associés à des milieux moins vulnérables aux précipitations acides. Ainsi, pour le reste de cette section et des chapitres à venir, l'allusion aux lacs de la région de l'Outaouais concernera les 33 000 lacs potentiellement vulnérables situés sur les bassins caractérisés par des roches et des sédiments de surface ayant une faible capacité de neutralisation de la charge acide.

II.3.2 Détermination du nombre de stations d'échantillonnage

Le calcul du nombre de stations à considérer pour l'échantillonnage a été réalisé à partir des données antécédentes contenues dans la BQMA (Banque de la qualité du milieu aquatique). Ainsi, plus de 400 stations (excluant celles situées en zone peu sensible) ont permis de calculer une moyenne et un écart-type pour huit paramètres (pH, alcalinité, SO_4, NO_X, Ca, Mg, couleur et carbone organique dissous). Ces données ont été jugées fiables pour fournir une estimation de la variance des paramètres à l'intérieur de la région d'intérêt.

La méthodologie existante pour calculer le nombre d'échantillons nécesaires pour maintenir une précision donnée diffère selon qu'il s'agit d'une proportion ou d'une moyenne. Par exemple, l'objectif d'interpolation est basé sur l'étude des proportions tandis que l'objectif de détection des tendances est basé sur la moyenne des paramètres. Dans le cas de la moyenne, le calcul du nombre de stations à considérer pour tenir compte d'un intervalle de confiance donné, pour un niveau de signification donné (0,05 pour la présente étude), est fait de la façon suivante (Sanders et al., 1983):

$$n_0 \geq \left[\frac{z_{\alpha/2}\, s}{E} \right]^2 \qquad (1)$$

où n_0 : nombre de lacs à être échantillonnés

$z_{\alpha/2}$: valeur standardisée de la loi normale (signification = 0,05)

s : écart-type de l'échantillon

E : erreur ou intervalle de confiance désiré

L'estimation du nombre de stations dans le cas des proportions ne nécessite pas l'utilisation des paramètres statistiques de la population (σ et μ). La précision est uniquement dépendante de la proportion donnée et du nombre de stations considérées (Cochran, 1977):

$$n_o \geq \frac{p(1-p)}{E^2} (z_{\alpha/2})^2 \qquad (2)$$

où p : proportion

Dans les deux cas, une correction tenant compte de la taille de la population doit être effectuée pour déterminer le nombre final de stations à échantillonner (n):

$$n = \frac{n_o}{1 + n_o/N} \qquad (3)$$

où N : nombre total d'éléments dans la population (7 253 lacs)

Le calcul du nombre de stations d'échantillonnage a été réalisé pour chacun des estimateurs (moyenne et proportions) et chacun des huit paramètres physico-chimiques discutés précédemment. Le nombre final de stations a été déterminé pour tenir compte des paramètres les plus variables (alcalinité et carbone organique dissous), d'une précision minimale à considérer pour l'atteinte des objectifs (dix pour cent dans le cas des proportions, et les erreurs absolues présentées au tableau II.1 dans le cas de la moyenne) et des contraintes budgétaires et logistiques, en mettant toutefois l'emphase sur la réduction de l'erreur autour de la moyenne.

Pour l'Outaouais, le nombre optimal de stations a été évalué à 337. Le nombre de stations requises pour cette région est plus élevé que pour les

quatre autres régions hydrographiques (271, 207, 157 et 257) (voir Dupont, 1986b) et ceci s'explique par une plus grande variabilité de la physico-chimie des lacs. La variabilité de l'alcalinité est en grande partie responsable de l'ampleur de ce nombre. Le tableau II.3 présente les intervalles de confiance autour des moyennes que l'échantillonnage des lacs permettra théoriquement d'atteindre.

Il n'est pas fait mention de l'intervalle de confiance autour des proportions sur ce tableau puisque la valeur de ce descripteur varie selon la valeur de la proportion. On peut toutefois mentionner qu'une erreur relative maximale de 5,5 pour cent est observée sur la proportion 0,50 ($p = 0,50$). Cette erreur décroit graduellement lorsque p tend vers zéro ou 1,0. Cette variation dans l'erreur relative est due à la forme en cloche de la distribution normale. Dans le cas des lacs de l'Outaouais et pour une proportion donnée, l'erreur relative est la même pour toutes les variables, puisque ces dernières ont toutes le même nombre d'effectifs. Ceci est dû au fait que l'erreur relative sur les proportions est indépendante de la variance des paramètres. Une réduction accrue de l'erreur relative aurait impliquée l'échantillonnage d'un plus grand nombre de lacs que ne pouvait le permettre le budget disponible.

II.3.3 Sélection des lacs

Une des conditions de base de la méthode d'échantillonnage aléatoire simple est la connaissance du nombre total d'éléments de la population et la possibilité de dresser une liste de ces éléments (Frontier, 1983). Nous savons qu'il existe 40 180 lacs répertoriés ($N=40\ 180$) dans la région hydrographique de l'Outaouais. Toutefois, ces lacs ne se prêtent pas tous à l'échantillonnage en raison de contraintes logistiques. C'est le cas de lacs de superficie inférieure à dix hectares. Ces derniers sont généralement peu profonds. Or, le fait qu'une profondeur minimale de trois mètres soit requise pour l'échantillonnage implique que nombre de ces petits lacs pourraient être visités sans que le prélèvement de l'échantillon ne soit possible, ce qui aurait pour effet d'accroître les coûts de terrain (hélicoptère, main d'oeuvre). De plus, la probabilité d'occurence de conditions réductrices dans ce type de lacs est plus élevée que dans des lacs de plus grande superficie.

Tableau II.3 Limites de confiance des méthodes analytiques et intervalles de confiance (précision) maximums considérées pour l'estimation des moyennes régionales.

PARAMÈTRE	LIMITE DE CONFIANCE DE LA MÉTHODE ANALYTIQUE	INTERVALLE DE CONFIANCE MAXIMUM SUR LA MOYENNE ($\alpha = 0,05$)
pH	0,1 unité	0,15 unité
ALCALINITÉ	0,1 mg/L $CaCO_3$	1,25 mg/L
SO_4	0,5 mg/L	0,5 mg/L
$NO_3 + NO_2$	0,02 mg/L	0,04 mg/L
Ca	0,1 mg/L	0,5 mg/L
Mg	0,1 mg/L	0,2 mg/L
COULEUR VRAIE	1 unité Hazen	7 unités Hazen
COD	0,1 mg/L	0,75 mg/L

Certains critères de sélection ont donc été définis:

- superficie comprise entre dix et 2 000 hectares;
- absence d'activités humaines importantes (mine, ville, etc.);
- non-considération des tourbières (bog lake).

Ces critères étaient nécessaires pour permettre d'estimer l'état général de la qualité de l'eau des lacs et l'impact des retombées acides sur les milieux lacustres en minimisant les effets de pollution locale, d'anoxie et autres phénomènes perturbateurs.

À l'exception des lacs de moins de dix hectares, peu de lacs sont touchés par les critères de sélection (environ dix pour cent), bien qu'il soit impossible d'en préciser le nombre exact. Les petits lacs (< dix hectares) quant à eux constituent près de 80 pour cent des 33 080 plans d'eau bien que la superficie totale qui leur est associée ne dépasse pas dix pour cent et encore moins en volume d'eau. L'inclusion de tels lacs dans l'étude aurait probablement eu pour effet d'accroître le pourcentage de lacs acides du fait que les petits lacs sont généralement plus sensibles aux apports acides.

La première étape de la sélection des lacs fut l'élaboration de la liste des lacs répondant aux critères de sélection. Ainsi, 7 253 lacs ont été répertoriés dans le groupe de lacs à sensibilité élevée, comparativement à 1 558 lacs dans la classe de lacs à faible sensibilité. C'est sur la population cible de 7 253 lacs que sera d'ailleurs effectué l'exercice d'interpolation.

Le nombre de lacs répondant aux critères de sélection est de 8 811, ce qui représente un taux de sélection de 21,93 pour cent de l'ensemble des 40 180 lacs de la région hydrographique de l'Outaouais. De ces 8 811 lacs, 82,33 pour cent sont situés en milieu sensible.

En faisant l'hypothèse que la distribution des classes de superficie de lacs situés en zone sensible est similaire à celle des lacs de la zone non-sensible, le pourcentage de 82,33, étendu à l'ensemble des 40 180 lacs de la

région, implique que 33 080 lacs pourraient être localisés en zone sensible à l'acidification par opposition à 7 100 pour la zone non-sensible. Ces valeurs représentent toutefois des estimations qualitatives sans valeur statistique.

La deuxième étape consistait à sélectionner au hasard 337 stations parmi les 7 253 lacs disponibles. Cette opération a été effectuée avec l'aide d'un ordinateur utilisant un générateur de nombres aléatoires. Les 337 premiers nombres non-récurrents furent ainsi considérés pour l'échantillonnage. Sur le terrain, les lacs ne pouvant être échantillonnés pour une quelconque raison (profondeur insuffisante, présence d'anoxie, etc.) étaient remplacés par le lac inventorié le plus proche.

Des contraintes logistiques dues au printemps précoce de 1986 n'ont permis d'échantillonner que 317 des 337 lacs. De plus, les 20 lacs non visités étaient tous localisés dans le même secteur. Toutefois, selon B. Bobée (Communication personnelle), l'omission de ces lacs ne devrait pas causer de biais important dans l'analyse des données étant donné l'homogénéité de la qualité de l'eau en général et le grand nombre de lacs échantillonnés. L'échantillonnage d'un plus petit nombre de lacs que les 337 prévus à l'origine n'a pas eu d'impact négatif sur la précision autour de la moyenne, puisque la précision atteinte avec les données de l'Outaouais s'est avérée meilleure que prévue. La liste des lacs échantillonnés et leur localisation est présentée à l'annexe 1.

II.3.4 Protocole d'échantillonnage

Les lacs ont tous été échantillonnés par hélicoptère au mois de mars 1986 sur couvert de glace, au centre du lac ou au point estimé le plus profond. Chaque échantillon consistait en un intégré 0-5 mètres de la colonne d'eau. Cet intégré était prélevé à partir de deux mètres du fond du lac lorsque la profondeur au point d'échantillonnage était inférieure à sept mètres. Toutefois, l'échantillonnage de la station devait être repris ailleurs sur le lac ou sur un lac répertorié voisin dans le cas où la profondeur était inférieure à trois mètres. Les échantillons étaient recouverts de neige afin de maintenir une température maximale de 4° Celsius pendant leur transport vers le laboratoire de Québec. Les préservatifs requis étaient ajoutés aux diver-

ses bouteilles d'échantillon en vue du transport (voir tableau II.2). Les principaux paramètres (pH, alcalinité, couleur, SO_4) étaient analysés moins de 48 heures après l'échantillonnage.

II.4 CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DE L'ÉCHANTILLONNAGE

Des échantillons en triplicata (recueillis au même endroit) ont été prélevés dans cinq pour cent des lacs afin de vérifier la fiabilité de l'échantillonnage. Une analyse de variance a démontré qu'il n'existait aucune différence significative au niveau de signification 0,01 entre les divers échantillons, et ce, pour les dix-huit paramètres étudiés. Ce résultat traduit la fiabilité de la technique d'échantillonnage et l'homogénéité des conditions de qualité de l'eau en lac, pendant l'hiver, sous couvert de glace.

II.5 DÉFINITION DES PARAMÈTRES STATISTIQUES

Cette section présente un survol des paramètres statistiques utilisés pour la description de la variabilité des composantes physico-chimiques en ce qui a trait à la tendance centrale de la population de lacs et à l'estimation de ses proportions.

II.5.1 Définition des paramètres statistiques liés à la moyenne

Il est possible de définir statistiquement le portrait d'une population à partir de la moyenne (μ) et de l'écart-type (σ) de la population, lesquels peuvent être estimés par la moyenne ($\bar{x}$) et l'écart-type (s) d'un échantillon. La moyenne ($\bar{x}$) est obtenue de la façon suivante:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^{n} x_i \; / \; n \qquad (4)$$

L'écart-type non-biaisé de l'échantillon est défini comme étant la racine carrée du carré de la somme des écarts à la moyenne divisée par le nombre d'effectifs moins une station:

$$s = \sum_{i=1}^{n} \sqrt{(x_i - x)^2 \; / \; n-1} \qquad (5)$$

D'après le théorème central limite de Lindeberg-Lévy, la moyenne d'un échantillon suit une distribution normale lorsque le nombre d'effectifs (n) est suffisamment grand (généralement plus grand que 30). Toutefois en qualité de l'eau, les distributions de paramètres sont souvent dissymétriques vers la droite (Gilbert, 1987). Une telle distribution implique que les valeurs extrêmes peuvent avoir une influence marquée sur la moyenne, surestimant ainsi la tendance centrale de la population. Dans un tel cas, la valeur de la moyenne excède celle de la médiane. Il peut s'avérer nécessaire de transformer les données brutes (normalisation) lorsque des tests statistiques doivent être appliqués pour comparer deux ensemble de données (Gilbert, 1987). Legendre et Legendre (1984) présentent plusieurs de ces techniques de transformation de données.

Parmi les autres descripteurs statistiques nécessaires à notre étude, notons l'erreur-type ou l'écart-type de la moyenne ($\sigma_{\bar{x}}$) estimé par $s_{\bar{x}}$:

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \sqrt{1 - \frac{n}{N}} \qquad (6)$$

où n = effectif de l'échantillon (317 lacs échantillonnés)
N = effectif de la population (7 253 lacs)

Ce paramètre nous permet de calculer une précision relative (ε) autour de la moyenne pour un niveau de confiance ($1 - \alpha$):

$$\varepsilon = \frac{z_{\alpha/2}\, s_{\bar{x}}}{\bar{x}} \qquad (7)$$

Ces mêmes descripteurs nous permettent de calculer une précision absolue (L) autour de la moyenne pour un niveau de confiance ($1 - \alpha$):

$$L = \varepsilon \bar{x} \qquad (8)$$

Il est également possible de définir un intervalle de confiance autour de la moyenne pour un niveau de confiance $(1 - \alpha)$:

$$\bar{x} - z_{\alpha/2}\, s_{\bar{x}} \leq \bar{x} \leq \bar{x} + z_{\alpha/2}\, s_{\bar{x}} \qquad (9)$$

Les paramètres définis aux équations (4) à (9) permettront de comparer la qualité de l'eau mesurée lors de la campagne d'échantillonnage de 1986 avec celle de la campagne d'échantillonnage de 1991. Les tests statistiques permettront de détecter une éventuelle modification de la qualité de l'eau si le changement au niveau des paramètres physico-chimiques excède la valeur de l'intervalle de confiance calculée avec l'équation (9).

II.5.2 Définition des paramètres statistiques liés aux proportions

L'étude des proportions dans la théorie d'échantillonnage implique que chaque unité d'une population fait partie intégrante de l'une de deux classes C et C' qui forment l'ensemble de la population (Cochran, 1977). La notation rattachée à cette classification se traduit comme suit:

A : nombre d'éléments de la population appartenant à la classe C
a : nombre d'éléments de l'échantillon appartenant à la classe C
P=A/N : proportion d'éléments de la population appartenant à la classe C
p=a/n : proportion d'éléments de l'échantillon appartenant à la classe C

La valeur p est l'estimateur de P tandis que Np ou Na/n ($\tilde{A}$) est l'estimateur de A. La distribution de p suit une loi binomiale. Toutefois, lorsque la valeur np est suffisamment grande, on admet que p suit approximativement une loi normale. Si la valeur np est inférieure à une certaine valeur minimum

p	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05	0*
np	15	20	24	40	60	70	80
n**	30	50	80	200	600	1400	∞

* si p est très petit, la distribution suit alors la loi de Poisson
** effectif à échantillonner

admissible (voir ci-dessus), il est alors nécessaire d'avoir recours à la loi binomiale (ou loi de Poisson si $p = 0$) pour le calcul des intervalles de confiance. Dans le cas des lacs de l'Outaouais, le recours à la loi binomiale s'avérait nécessaire pour des proportions inférieures à 15 pour cent ou supérieures à 85 pour cent.

Diverses statistiques descriptives peuvent être calculées à partir des proportions. Tout d'abord, la variance de la proportion p:

$$s_p^2 = (1 - n/N) \frac{1}{n - 1} p(1 - p) \qquad (10)$$

La variance s_p^2 peut également être déterminée par $s_p^2 = p(1 - p)/(n - 1)$ lorsque le rapport n/N est inférieur à 0,1. Bien que ce soit le cas pour les lacs de l'Outaouais, le programme de calcul a tout de même tenu compte des équations non-abrégées. D'autre part, le calcul de l'écart-type de la proportion p peut être déterminé par l'intermédiaire de l'équation (10) ou d'une équation spécifique:

$$s_p = \sqrt{s_p^2} \qquad (11a)$$

$$s_p = \sqrt{(1 - \frac{n}{N})} \sqrt{\frac{p(1 - p)}{n - 1}} \qquad (11b)$$

L'estimation du nombre total d'éléments de la population N appartenant à la classe C est définie par l'expression:

$$\bar{A} = Np \qquad (12)$$

La variance du nombre total d'éléments appartenant à la classe C se calcule comme suit:

$$s_{\bar{A}}^2 = N^2 (1 - \frac{n}{N}) \frac{p(1 - p)}{n - 1} \qquad (13)$$

Comme pour la proportion p, l'écart-type ($s_{\bar{A}}$) peut être calculé à partir de la variance ($s_{\bar{A}}^2$) ou d'une équation spécifique:

$$s_{\bar{A}} = \sqrt{s_{\bar{A}}^2} \tag{14a}$$

$$s_{\bar{A}} = N \sqrt{1 - \frac{n}{N}} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n-1}} \tag{14b}$$

Si p suit une loi normale, les limites de l'intervalle de confiance autour de p au niveau de signification $(1 - \alpha)$ sont calculées comme suit:

$$Pr\ (p - (z_{\alpha/2} \sqrt{s_p^2 + 1/2n}) \leq P \leq p + (z_{\alpha/2} \sqrt{s_p^2 + 1/2n})) = 1 - \alpha \tag{15}$$

Dans l'équation (15), l'expression 1/2n est un facteur de correction pour la discontinuité des données (Frontier, 1983). De la même façon, on peut calculer les limites de l'intervalle de confiance de $\bar{A}$:

$$Pr\ (\bar{A} - (z_{\alpha/2} \sqrt{s_{\bar{A}}^2}) \leq \bar{A} \leq \bar{A} + (z_{\alpha/2} \sqrt{s_{\bar{A}}^2})) = 1 - \alpha \tag{16}$$

Le facteur de correction appliqué à l'équation (15) n'est pas de rigueur pour l'équation précédente. Outre les intervalles de confiance, il est possible de calculer l'erreur relative autour de la proportion p ou de $\bar{A}$:

$$\varepsilon_p = z_{\alpha/2} \sqrt{s_p^2} + 1/2n \tag{17}$$

Finalement, un descripteur statistique similaire peut être défini pour caractériser l'erreur absolue du terme $\bar{A}$:

$$L_{\bar{A}} = z_{\alpha/2} \sqrt{s_{\bar{A}}^2} \tag{18}$$

Lorsque p suit une loi binomiale (ou une loi de Poisson), les limites de l'intervalle de confiance sont asymétriques. La détermination de ces limites requièrt alors l'utilisation d'une table statistique. La table de Rohlf et Sokal (1969) a été utilisée dans le cas présent. L'écart-type autour de p ou de $\bar{A}$ est considéré d'une façon implicite dans leur table. L'erreur relative autour de p est définie comme suit:

$$\varepsilon_1 = p - I_1 \quad (19)$$

$$\varepsilon_2 = I_2 - p \quad (20)$$

où p = proportion
ε_1 = erreur relative (borne inférieure)
ε_2 = erreur relative (borne supérieure)
I_1 = limite inférieure de l'intervalle de confiance (table)
I_2 = limite supérieure de l'intervalle de confiance (table)

L'erreur absolue peut être déterminée directement à partir des équations (19) et (20):

$$L_1 = \varepsilon_1 N \quad (21)$$

$$L_2 = \varepsilon_2 N \quad (22)$$

où L_1 = erreur absolue (borne inférieure)
L_2 = erreur absolue (borne supérieure)

Dans le cadre de l'étude des lacs de l'Outaouais, les équations (10) à (22) inclusivement serviront pour l'exercice d'interpolation de la qualité de l'eau des lacs échantillonnés à l'ensemble des lacs de la région.

III. VARIABILITÉ DES INDICATEURS DE LA QUALITÉ DE L'EAU

La présente section décrit la variabilité spatiale de la physico-chimie des eaux lacustres de la région de l'Outaouais. Elle répond de plus aux objectifs de quantification de la qualité des eaux de surface et à son interpolation à l'ensemble des lacs de la région hydrographique de l'Outaouais.

Ce chapitre se divise en deux sections. La première a trait à la détection de modifications éventuelles de la qualité des eaux de surface, tandis que la deuxième traite des caractéristiques actuelles (1986) de la physico-chimie des lacs de l'Outaouais.

III.1 DÉTECTION D'UNE MODIFICATION ÉVENTUELLE DE LA QUALITÉ DE L'EAU

Un des principaux objectifs de l'échantillonnage est de détecter une modification éventuelle de la qualité des eaux de surface et de l'interpoler à l'ensemble des lacs de la région de l'Outaouais. L'échantillonnage de mars 1986 représentait la première phase de l'exercice visant à détecter un tel changement. Un deuxième échantillonnage, qui devrait avoir lieu en 1991 ou après la réalisation des réductions d'émissions de SO_2 annoncées, sera nécessaire pour répondre à l'objectif initial.

La technique de détection consiste à comparer la qualité de l'eau actuelle des lacs avec celle qui sera mesurée lors du prochain échantillonnage sur les mêmes plans d'eau. L'existence de l'éventuelle modification sera considérée significative ou non suite aux résultats de l'application de tests statistiques comparant la moyenne des paramètres des deux inventaires.

Il est nécessaire de mentionner que la détection d'un éventuel changement dans la qualité de l'eau n'implique pas que le réseau d'échantillonnage ait été conçu pour établir des séries chronologiques pouvant éventuellement servir à faire des prévisions. Sa structure ne lui permet en fait que de détecter un changement d'état entre deux dates d'échantillonnage, contrairement au réseau TADPA (Haemmerli, 1986) qui permet de caractériser une série temporelle. D'ailleurs, les données recueillies à partir de ce dernier réseau

serviront de contrôles pour tenter de déterminer l'origine du changement dans la qualité des eaux de surface (climatologique ou anthropique).

Le tableau III.1 présente la moyenne, l'écart-type, l'erreur relative et l'erreur absolue des variables analysées en laboratoire, ainsi que de quelques variables calculées. Les paramètres statistiques ont tous été calculés à partir des données brutes non transformées. Il est probable que ces données devront être transformées pour respecter le critère de normalité lorsque viendra le temps de comparer les deux ensembles de données.

L'examen du tableau III.1 montre que la précision relative obtenue sur les 317 lacs est en tout point meilleure que celle calculée à partir des données antécédentes (tableau II.3), et ce bien que 317 lacs aient été échantillonnés au lieu des 337 prévus au départ. Ces résultats devraient nous permettre de détecter, avec une plus grande précision, une éventuelle modification de la qualité des eaux lacustres.

III.2 VARIABILITÉ SPATIALE DES INDICATEURS DE LA QUALITÉ DE L'EAU

Les indicateurs de la qualité de l'eau des lacs peuvent être regroupés sous cinq rubriques: l'état de l'acidité des lacs, le niveau de minéralisation des eaux de surface, le degré d'agression des lacs par les polluants aéroportés acides, l'influence des matières organiques et l'influence des paramètres physiques du bassin sur la qualité de l'eau. Le niveau trophique des lacs ne sera pas abordé dans cette étude. Cependant, on peut mentionner que les lacs de la région de l'Outaouais sont généralement de type oligotrophe ou mésotrophe.

Les tableaux III.2 et III.3 présentent le sommaire des résultats d'interpolation aux 7 253 lacs inventoriés pour le pH, l'alcalinité, la couleur, les sulfates, la somme des concentrations de calcium et de magnésium, le carbone organique dissous, l'indice de saturation calcique et le rapport bicarbonate-sulfate. Ces tableaux présentent le pourcentage et le nombre de lacs appartenant à des classes données, l'interpolation aux 7 253 lacs inventoriés qui répondaient aux critères de sélection, l'erreur relative autour de Ã (en

Tableau III.1 Moyenne, écart-type, erreur relative et erreur absolue des paramètres mesurés en laboratoire et de certaines variables empiriques.

PARAMÈTRE	MOYENNE	ÉCART-TYPE	ERREUR RELATIVE (pour cent)	ERREUR ABSOLUE
pH (unité)	5,9	0,5	0,8	0,1 unité
ALCALINITÉ (mg/L)	4,0	5,4	14,6	0,6 mg/L
COULEUR (Hazen)	29,4	23,7	8,7	2,6 Hazen
SO_4^{2-} (mg/L)	5,6	1,5	2,9	0,2 mg/L
$NO_3^- + NO_2^-$ (mg/L)	0,09	0,07	8,4	0,01 mg/L
NH_4^+ (mg/L)	0,06	0,08	14,4	0,01 mg/L
Cl^- (mg/L)	0,6	0,6	10,8	0,1 mg/L
CONDUCTIVITÉ (µS/cm)	28,7	12,3	4,6	1,3 µS/cm
CID (mg/L)	1,8	1,5	9,0	0,2 mg/L
COD (mg/L)	5,8	2,8	5,2	0,3 mg/L
Ca^{2+} (mg/L)	2,8	2,0	7,7	0,2 mg/L
Mg^{2+} (mg/L)	0,7	0,3	4,6	0,1 mg/L
Na^+ (mg/L)	0,8	0,4	5,4	0,1 mg/L
K^+ (mg/L)	0,5	0,2	4,3	0,1 mg/L
Fe^{2+}(mg/L)	0,25	0,23	9,9	0,02 mg/L
Mn^{2+}(mg/L)	0,03	0,03	10,8	0,01 mg/L
Al filtré (mg/L)	0,09	0,08	9,6	0,01 mg/L
HCO_3^- (µeq/L)[1]	81,8	107,6	14,2	11,6 µeq/L
A^- (µeq/L)[2]	51,0	23,4	5,0	2,5 µeq/L
$Ca^{2+} + Mg^{2+}$ (µeq/L)[1]	197,5	115,9	6,3	12,5 µeq/L
pH corrigé pCO_2[3]	6,1	0,3	0,5	0,1 unité
pH théorique[3]	6,5	0,2	0,3	0,1 unité
ISC (unité)[4]	4,5	0,9	2,2	0,1 unité
$[HCO_3^-]/[SO_4^{2-}]$[1]	0,7	0,8	12,3	0,1
SO_4^{2-} naturel[5]	48,4	18,9	4,2	2,0 µeq/L

1 Variable calculée
2 Concentration en anions organiques estimée par la méthode d'Oliver et al. (1983)
3 pH estimé à partir de la méthode de Kramer et Tessier (1982)
4 Indice de saturation calcique
5 Concentration estimée par la méthode de Wright (1983)

Tableau III.2 Estimation du nombre de lacs appartenant aux classes de pH, d'alcalinité, de sulfates et de couleur.

CLASSES DE pH (unité)	≤ 5,0	≤ 5,5	≤ 6,0	≤ 6,5	≤ 7,0
POURCENTAGE	4,1[4]	23,3	62,5	92,7[4]	99,4[4]
LACS ÉCHANTILLONNÉS	13	74	198	299	315
INTERPOLATION[1]	297	1690	4533	6723	7209
ERREUR RELATIVE[2]	1,9-2,6[5]	± 4,6	± 5,2	2,8-3,0	0,4-2,2
ERREUR ABSOLUE[2]	136-189	± 332	± 380	200-217	160-26
INTERV. DE CONFIANCE[3]	161-486	1358-2022	4153-4913	5976-7053	7006-7228

CLASSES D'ALCALINITÉ (mg/L)	≤ 0,1	≤ 2,0	≤ 5,0	≤ 10,0
POURCENTAGE	0,9[4]	43,2	81,1	92,1[4]
LACS ÉCHANTILLONNÉS	3	137	257	292
INTERPOLATION[1]	65	3133	5882	6680
ERREUR RELATIVE[2]	0,7-1,9	± 5,4	± 4,2	4,7-3,2
ERREUR ABSOLUE[2]	47-138	± 389	± 307	340-230
INTERV. DE CONFIANCE[3]	18-203	2745-3522	5575-6189	6340-6910

CLASSES DE SO_4 (mg/L)	≥ 4,0	≥ 6,0	≥ 8,0	≥ 9,0
POURCENTAGE	90,5[4]	44,2	8,8[4]	1,9[4]
LACS ÉCHANTILLONNÉS	287	140	28	6
INTERPOLATION[1]	6564	3206	638	138
ERREUR RELATIVE[2]	2,5-4,3	± 5,4	2,6-3,8	1,0-2,2
ERREUR ABSOLUE[2]	180-309	± 390	189-275	75-162
INTERV. DE CONFIANCE[3]	6323-6805	2805-3607	450-914	63-300

COULEUR (Hazen)	≤ 10	≤ 20	≤ 30	≤ 50	> 100
POURCENTAGE	23,7	44,2	60,3	84,2	0,9[4]
LACS ÉCHANTILLONNÉS	75	140	191	267	3
INTERPOLATION[1]	1719	3206	4374	6107	65
ERREUR RELATIVE[2]	± 4,6	± 5,4	± 5,3	± 3,9	0,7-1,9
ERREUR ABSOLUE[2]	± 334	± 390	± 384	± 286	48-138
INTERV. DE CONFIANCE[3]	1385-2053	2816-3595	3990-4757	5821-6393	17-203

[1] Interpolation statistique à partir de la strate de 7 253 lacs (10-2 000 ha)
[2] Erreur relative (pour cent) ou absolue (effectif) autour de $\tilde{A}$ ($\alpha < 0,05$)
[3] Intervalle de confiance autour de $\tilde{A}$ au niveau de signification 0,05
[4] Proportion soumise à la loi binomiale
[5] Intervalle inférieur - intervalle supérieur

Tableau III.3 Estimation du nombre de lacs appartenant aux classes de Ca + Mg, de COD, d'ISC et de rapport bicarbonate/sulfate.

$[Ca^{2+} + Mg^{2+}]$ (µeq/L)	< 100	< 200	< 300
POURCENTAGE	1,7[4]	70,7	87,5[4]
LACS ÉCHANTILLONNÉS	10	224	287
INTERPOLATION[1]	232	5128	6564
ERREUR RELATIVE[2]	1,7-1,2[5]	± 4,9	3,3-3,1
ERREUR ABSOLUE[2]	121-162	± 357	239-225
INTERV. DE CONFIANCE[3]	111-394	4771-5485	6325-6789

COD (mg/L)	< 2,0	< 4,0	< 6,0	≥ 10,0	≥ 15,0
POURCENTAGE	1,6[4]	29,3	61,2	8,2[4]	1,9[4]
LACS ÉCHANTILLONNÉS	5	93	194	24	6
INTERPOLATION[1]	116	2125	4439	595	138
ERREUR RELATIVE[2]	0,7-2,4	± 4,9	± 5,3	3,5-4,4	1,0-2,2
ERREUR ABSOLUE[2]	53-184	± 357	± 382	252-319	75-162
INTERV. DE CONFIANCE[3]	63-300	1768-2482	4057-4821	343-913	63-300

ISC (unités)	≥ 3,0	≥ 4,0	≥ 5,0
POURCENTAGE	93,0[4]	76,8	31,5
LACS ÉCHANTILLONNÉS	295	243	100
INTERPOLATION[1]	6745	5570	2285
ERREUR RELATIVE[2]	3,3-2,5	± 4,6	± 5,0
ERREUR ABSOLUE[2]	6506-6923	± 331	± 364
INTERV. DE CONFIANCE[2]	5998-7075	5239-5901	1920-2649

$[HCO_3^-]/[SO_4^{2-}]$	≤ 0,2	≤ 0,5	≤ 1,0	> 1,0
POURCENTAGE	9,5[4]	54,1	84,2	15,8
LACS ÉCHANTILLONNÉS	30	172	267	50
INTERPOLATION ($\hat{A}$)[1]	689	3924	6107	1146
ERREUR RELATIVE[2]	2,5-4,3	± 5,4	± 3,9	± 3,9
ERREUR ABSOLUE[2]	180-309	± 391	± 286	± 286
INTERVALLE DE CONFIANCE[2]	509-998	3533-4315	5821-6393	848-1444

1 Interpolation statistique à partir de la strate de 7 253 lacs (10-2 000 ha)
2 Erreur relative (pour cent) ou absolue (effectif) autour de $\hat{A}$ ($\alpha < 0,05$)
3 Intervalle de confiance autour de $\hat{A}$ au niveau de signification 0,05
4 Asymétrie due à la loi binomiale
5 Intervalle inférieur - intervalle supérieur

pourcentage), l'erreur absolue autour de Ã (nombre de lacs) et l'intervalle de confiance autour de Ã (nombre de lacs).

III.2.1 État de l'acidité des lacs

La figure III.1 présente la distribution spatiale de l'acidité (pH) dans les 317 lacs échantillonnés en milieu vulnérable à l'acidification. De ce nombre, 23,3 pour cent présentent un pH inférieur ou égal à 5,5, seuil qui est considéré par plusieurs scientifiques comme étant la limite supérieure de pH d'un lac reconnu comme étant acide.

Selon le tableau III.2, l'interpolation de ce pourcentage aux lacs inventoriés révèle que 1 690 des 7 253 plans d'eau présentent un pH inférieur à 5,5. Ces lacs se concentrent surtout dans la région du Témiscamingue qui est située au sud-est de Rouyn-Noranda. Cette zone avait déjà été identifiée comme une région à forte densité de lacs acides (Dupont et Grimard, 1986; Frenette, 1986, 1987). Martin et Brydges (1986) ont également noté que les lacs de cette région figuraient parmi les plus acides et les plus affectés par les précipitations acides au Canada. D'autres lacs acides ont été observés en plus faibles proportions dans divers secteurs du sud-ouest, du nord et du nord-est de la région hydrographique de l'Outaouais. Si on s'en remet à la carte de la distribution spatiale des concentrations en calcium et magnésium (Figure III.4), ces lacs acides se situent généralement dans les secteurs de faible minéralisation (r de Spearman = 0,66 entre le pH et Ca + Mg). Des effets léthaux sur le poisson, tels que la mortalité, la baisse de diversité des espèces, l'inhibition de la reproduction et l'absence de recrutement chez les jeunes, ont fréquemment été observés à des pH inférieurs à 5,5 (Richard, 1985; Newcombe, 1985; Schindler et al., 1985; Haines et Baker, 1986; Frenette, 1986, 1987).

Les lacs de transition (pH variant entre 5,5 et 6,0 unités), qui sont caractérisés par une très faible alcalinité bicarbonate et une instabilité marquée du pH, représentent la plus grande partie des lacs de la région de l'Outaouais avec 39,2 pour cent. Ces lacs sont localisés un peu partout dans la partie ouest et nord de la zone d'étude. À de tels pH, des effets significatifs reliés à l'acidité du milieu lacustre ont été observés par plusieurs

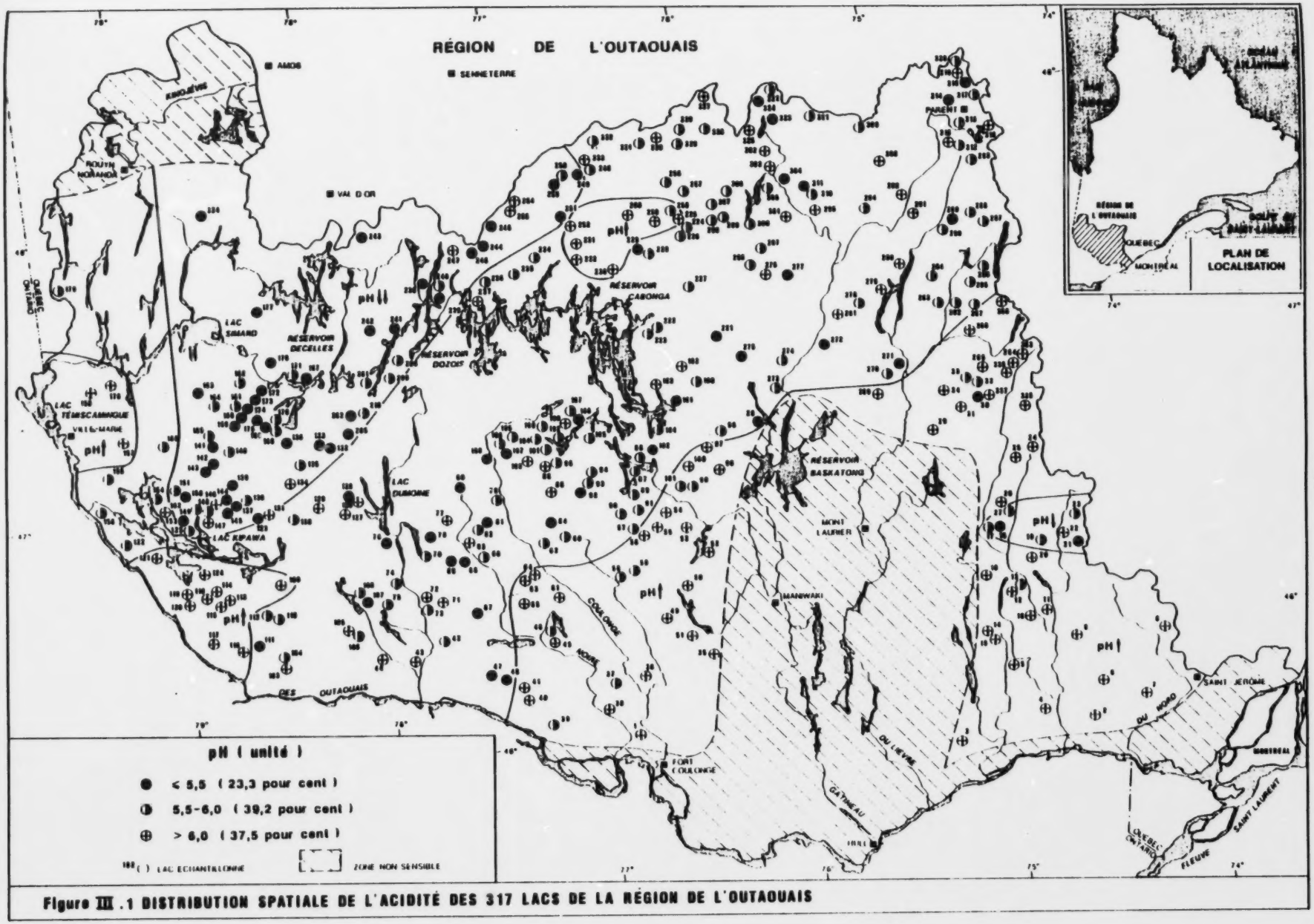


Figure III .1 DISTRIBUTION SPATIALE DE L'ACIDITÉ DES 317 LACS DE LA RÉGION DE L'OUTAOUAIS

chercheurs sur diverses espèces vivantes (Haines et Baker, 1986). Selon Newcombe (1985), des eaux de surface dont le pH est maintenu à plus de 5,5 unités durant la majeure partie de l'année ne devraient toutefois pas provoquer d'effets léthaux directs sur le poisson. Cependant, l'acidité de tels lacs s'accroît généralement durant la fonte nivale, pouvant ainsi entraîner des mortalités massives de poissons.

La combinaison des lacs appartenant aux deux classes de pH discutées précédemment fait que 62,5 pour cent des lacs échantillonnés présentent un pH inférieur ou égal à 6,0. Ce pourcentage implique que les communautés piscicoles de 4 533 des 7 253 lacs inventoriés de l'Outaouais pourraient être potentiellement affectées d'une manière ou d'une autre par l'acidité des eaux de surface.

Relativement peu de lacs présentent un pH inférieur à 5,0. Seuls 4,1 pour cent des lacs (297 des 7 253 plans d'eau) de cette région seraient caractérisés par un tel pH. La plupart d'entre-eux sont de nature organique, tandis que les lacs acides "clairs" se trouvent en grande majorité à proximité de Rouyn-Noranda ou au sud-est immédiat.

À l'exception de l'étude de Bobée et al. (1982), les pourcentages présentés ci-dessus sont en général plus élevés que ceux obtenus lors d'études antécédentes dans la même région (voir ci-dessous). Cette différence s'explique par le fait que celle-ci ont été réalisées sur des secteurs particuliers

ÉTUDE	NOMBRE DE LACS	pH ≤ 5,0	pH ≤ 5,5	pH ≤ 6,0
		(pourcentage)		
ÉTUDE ACTUELLE	317	4,1	23,3	62,5
(Bobée et al., 1982)	71	7,0	28,2	62,0
(Langlois et al., 1983)	26	0,0	15,3	57,7
(Langlois et al., 1985)	47	0,0	0,0	4,2
OUTAOUAIS (Dupont, 1985a)	81	1,2	7,4	39,5
NORANDA (Dupont, 1984a)	64	7,8	12,5	45,3
LA VÉRENDRYE (Dupont, 1985b)	22	0,0	9,1	50,0

de la région hydrographique de l'Outaouais et que les lacs étaient généralement de plus grande superficie. En ce qui a trait à l'emplacement, les études de Langlois et al. (1983, 1985) incluaient une grande partie des zones non-sensibles de la région. L'étude réalisée par Dupont (1985a) dans l'Outaouais était restreinte à la bordure sud du bassin où la sensibilité à l'acidification est plus faible. D'autre part, l'étude menée au parc de La Vérendrye a été réalisée sur une des régions recevant le moins de dépôts acides dans l'Outaouais. Finalement, l'étude portant sur la variabilité de la qualité de l'eau des lacs autour de Noranda tenait compte également du secteur peu sensible situé dans la région hydrographique 08. Dans le cas de Bobée et al. (1982), les auteurs ont considéré des lacs situés sur l'ensemble de la région, d'où la similitude dans les pourcentages. Néanmoins, seuls les résultats de l'étude actuelle peuvent être considérés représentatifs de la qualité des eaux de l'ensemble des lacs de la région de l'Outaouais.

L'interpolation de la qualité de l'eau mesurée sur les 317 lacs échantillonnés à l'ensemble des 33 080 lacs de la région hydrographique n'est pas statistiquement juste, puisque l'échantillonnage s'adresse aux lacs de superficie 10-2 000 hectares qui sont théoriquement situés en milieu sensible. Toutefois, il est toujours possible de fournir une estimation étendue à l'ensemble des lacs en posant les hypothèses de travail suivantes, à savoir:

- que 82,3 pour cent des lacs sont effectivement situés en milieu sensible;
- que ce pourcentage s'applique à toutes les classes de superficie, que le lac soit situé en milieu sensible ou non. Ceci implique que la morphométrie des plans d'eau n'est pas dépendante de la nature géologique du bassin versant;
- que la qualité de l'eau soit indépendante de la superficie des lacs;
- que la qualité de l'eau des tourbières et des lacs influencés par des activités humaines soit comparable à celle des lacs échantillonnés.

Dans le cas de la première hypothèse, le pourcentage obtenu résulte d'un découpage empirique du bassin de l'Outaouais en zones sensibles et non-sensibles. Cette division a été basée sur la géologie, la répartition générale des

sédiments superficiels et la qualité des eaux observée par le passé. Certains des facteurs ayant servi à la division peuvent s'avérer peu précis, entrainant ainsi une augmentation de l'erreur.

L'hypothèse qui veut que la morphométrie des lacs soit indépendante de la nature géologique est probablement fiable pour l'Outaouais puisque les zones sensibles de cette région sont situées sur les mêmes provinces géologiques que les zones sensibles. Toutefois, ceci reste à vérifier.

L'hypothèse qui veut que la qualité des eaux lacustres soit indépendante de la superficie du lac est peu vraisemblable du fait qu'il est généralement reconnu que les petits lacs sont généralement plus vulnérables à l'acidification. Il faut se rappeler que la majorité des 78 pour cent de lacs non-inventoriés dans cette région appartiennent à la strate de superficie inférieure à dix hectares. En ce qui concerne l'acidité, il est dès lors probable que les résultats obtenus sur les lacs de dix à 2 000 hectares, étendus à l'ensemble des autres lacs, résultent en une sous-estimation du nombre réel de lacs affectés par les précipitations acides. Cette valeur fournit en fait une estimation de l'impact minimal que peuvent avoir causé les retombées acides.

En tenant compte des hypothèses précédentes, nous pouvons estimer à 1 356, 7 708 et 20 675 les nombres minimaux de lacs qui présenteraient actuellement des pH respectifs égaux ou inférieurs à 5,0, 5,5 et 6,0. Ces nombres pourraient être plus élevés si les lacs de moins de dix hectares s'avéraient plus sensibles à l'acidification que les lacs de plus grande superficie.

L'examen de la variabilité spatiale de l'alcalinité présentée à la figure III.2 va dans le même sens que celle du pH. L'analyse de corrélation de Spearman confirme cette relation ($r = 0,82$: $P < 0,01$). Les lacs les plus pauvres en alcalinité bicarbonate se trouvent à l'ouest et au nord de la région hydrographique de l'Outaouais. La région du Témiscamingue s'impose encore avec le plus grand nombre de lacs à faible alcalinité.

La méthode d'analyse de l'alcalinité en laboratoire ne permet pas d'obtenir des valeurs négatives. Ces dernières sont plutôt obtenues par l'analyse

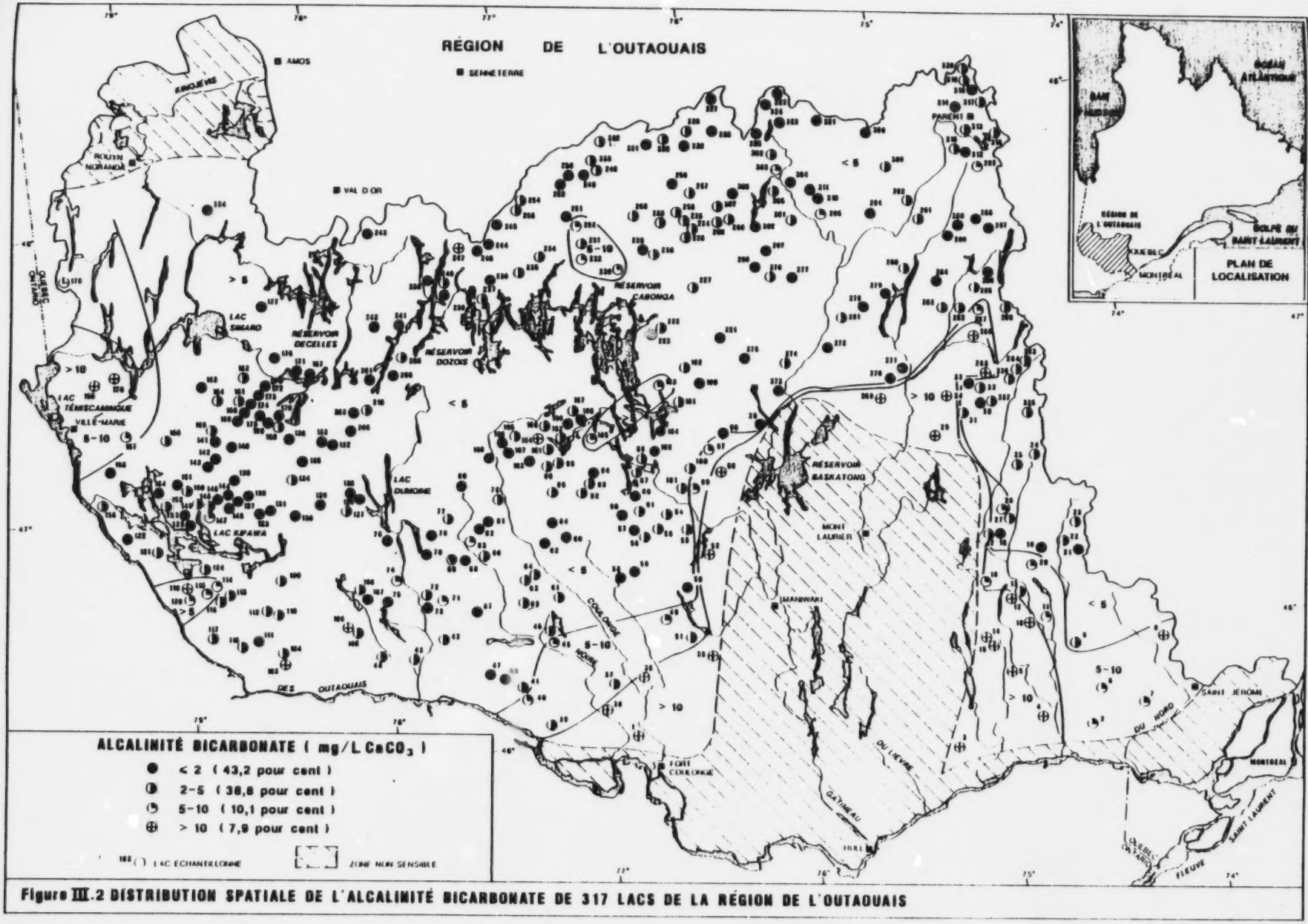


Figure III.2 DISTRIBUTION SPATIALE DE L'ALCALINITÉ BICARBONATE DE 317 LACS DE LA RÉGION DE L'OUTAOUAIS

des acides forts. En terme général, lorsqu'un de ces deux paramètres présente une concentration mesurable, la valeur de l'autre paramètre est normalement sous le seuil de détection. Ce n'est pas toujours le cas pour les lacs de la région de l'Outaouais. Selon les données brutes présentées à l'annexe 1, certains lacs présentent, pour les deux paramètres ci-dessus, des concentrations supérieures au seuil de détection. Dans le cas de ces lacs, il est probable que l'alcalinité bicarbonate est épuisée, du fait que le pH est près ou en dessous de pH 5,0, mais que d'autres espèces chimiques, tels les acides organiques et les composés d'aluminium, contribuent à l'alcalinité totale des eaux de surface. Cette hypothèse est renforcée par la présence d'une couleur élevée dans les lacs concernés.

Selon la figure III.2 et le tableau III.2, plus de 43 pour cent des lacs de l'Outaouais (3 133 sur 7 253) présentent une alcalinité bicarbonate inférieure ou égale à 2 mg/L, ce qui correspond à une sensibilité extrême aux apports acides. D'autre part, si on considère une valeur de 10 mg/L comme niveau de sensibilité élevée (Altshuller et McBean, 1980), c'est plus de 92,1 pour cent des lacs (6 680 sur 7 253) qui seraient sensibles aux apports acides.

Comme pour le pH, les lacs à hautes concentrations en alcalinité sont rencontrés au sud-est de la région où les sols possèdent une plus grande capacité de neutralisation de la charge acide.

L'examen de l'indice de saturation calcique (ISC) donne des résultats similaires au pH et à l'alcalinité (figure III.3; tableau III.3). Ce paramètre représente un bon indice intégrateur du pH, de l'alcalinité et de la minéralisation des eaux. Une valeur d'ISC supérieure à 5,0 caractérise un milieu extrêmement sensible à l'acidification. Dans le cas des lacs de l'Outaouais, 31,5 pour cent des plans d'eau (2 285 sur 7 253) se trouvent dans cette classe. Ce nombre s'apparente à celui trouvé par Bobée et al. (1982) pour les lacs du bouclier canadien (37 pour cent).

Une valeur d'ISC inférieure à 3,0 indique généralement un milieu non sensible. Pour l'Outaouais, seuls 7,0 pour cent des lacs (508 plans d'eau)

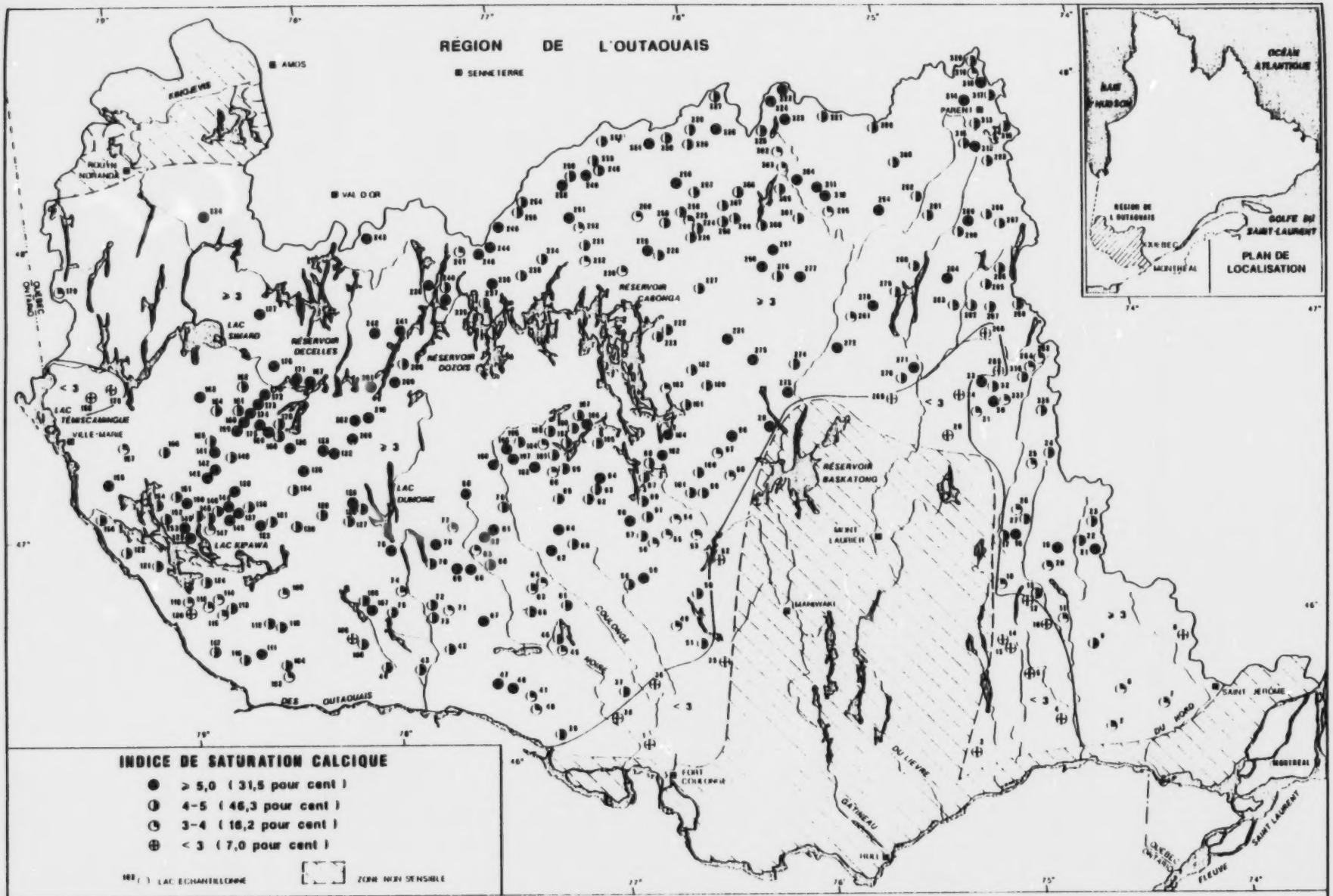


Figure III.3 DISTRIBUTION SPATIALE DE L'INDICE DE SATURATION CALCIQUE DE 317 LACS DE LA RÉGION DE L'OUTAOUAIS

situés en milieu sensible correspondent à ce groupe; ils sont majoritairement situés au sud-est de la région.

III.2.2 Niveau de minéralisation des eaux de surface

Le niveau de minéralisation des eaux de surface peut être étudié par l'entremise de la variabilité spatiale des concentrations combinées de calcium et de magnésium, ainsi que de la conductivité. D'autres indicateurs tels que la dureté ou les solides totaux dissous auraient pu également servir, mais n'ont pas été mesurés dans les lacs. La concentration en Ca + Mg est préférable à la conductivité du fait que cette dernière est influencée par les concentrations en ions H^+ et en aluminium lorsque l'eau est acide. De plus, la conductivité peut parfois surestimer le niveau de minéralisation réel lorsque certains éléments proviennent en grande quantité d'apports externes au bassin. C'est le cas des sulfates d'origine atmosphérique ou des sels de déglaçage qui peuvent accroître de façon significative la conductivité.

La figure III.4 présente la variabilité spatiale des concentrations de Ca + Mg. Ainsi, les plus faibles concentrations observées dans l'Outaouais ($\leq$ 200 µeq/L) se rencontrent en grande partie au nord du bassin en région de plus haute altitude, où 70,7 pour cent des lacs (5 128 sur 7 253) affichent des concentrations de Ca + Mg inférieures à cette valeur, ce qui correspond à une sensibilité élévée à l'acidification. D'ailleurs, il existe une corrélation fortement significative entre [Ca + Mg] et l'alcalinité (r = 0,96).

Les lacs riches en calcium et en magnésium se rencontrent surtout à proximité des zones caractérisées par des substrats contenant une forte proportion d'éléments carbonatés (zones non-sensibles sur la figure III.4). Outre la proximité de ces zones, les lacs caractérisés par des concentrations de Ca + Mg supérieures à 200 ou 300 µeq/L sont observés le long de la bordure sud du bassin hydrographique et au nord de Ville-Marie dans le Témiscamingue. Ces concentrations s'expliquent par la nature et l'épaisseur des sédiments superficiels.

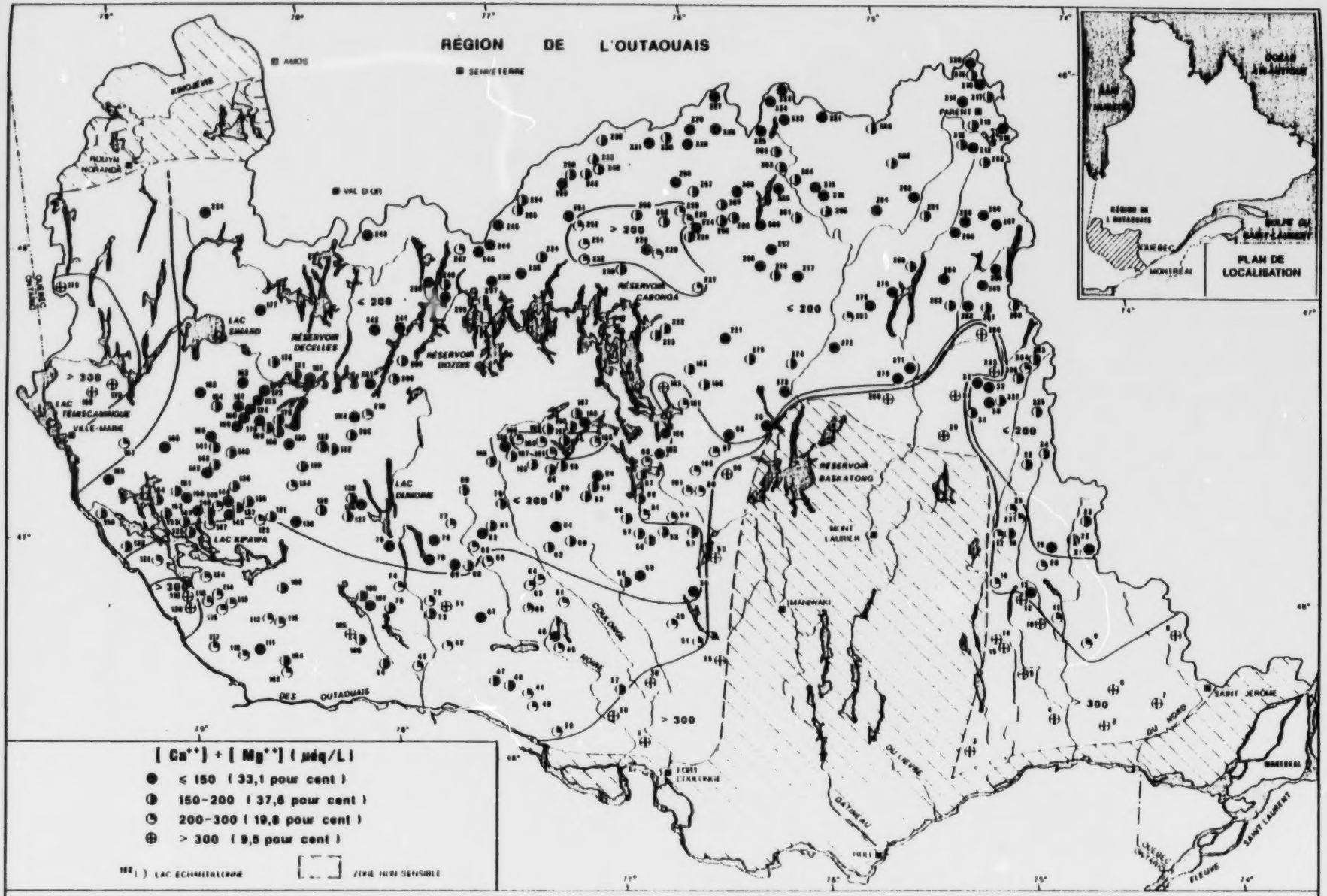


Figure III .4 DISTRIBUTION SPATIALE DE LA SOMME DES CONCENTRATIONS DE CALCIUM ET DE MAGNÉSIUM DE 317 LACS DE LA RÉGION DE L'OUTAOUAIS

La conductivité présente une variabilité spatiale similaire au paramètre calcium + magnésium (Figure III.5). Ainsi, les lacs faiblement minéralisés se situent à l'ouest et au nord du bassin tandis que les lacs à plus forte minéralisation sont situés près des zones non-sensibles, sur la bordure sud du bassin ou près de Ville-Marie. Le lac 334 (situé au sud-est immédiat de Rouyn-Noranda) dénote bien l'influence des ions H^+ sur la conductivité. Ainsi, la figure III.5 présente une conductivité supérieure à la moyenne pour ce lac, bien que le pH (Figure III.1) soit très faible (pH = 4,6).

III.2.3 Degré d'agression par les polluants aéroportés acides

Le degré d'agression des lacs par les polluants aéroportés peut être évalué par l'entremise des concentrations en sulfates dans les lacs et les précipitations. De fait, ces deux paramètres sont fortement liés entre eux (Dupont et Grimard, 1987), montrant ainsi la forte dépendance des concentrations de sulfates en lac par rapport aux concentrations observées dans les précipitations.

Les nitrates représentent également une composante importante de l'acidité des précipitations. Toutefois, contrairement aux sulfates, la distribution spatiale des nitrates observés en lac diffère de celle observée dans les précipitations (Dupont et Grimard, 1987). En fait, les nitrates pourraient être rapidement assimilés par le biota en autant que le seuil de saturation en azote ne soit pas atteint (Grennfelt et Hultberg, 1986). Ce processus d'assimilation pourrait expliquer l'absence de corrélation entre ce qui tombe sur le bassin et ce qui est observé en lac. Cette raison et le fait que les concentrations de nitrates en lac présentent une distribution spatiale relativement homogène sur tout le bassin hydrographique de l'Outaouais font que cette variable ne sera pas discutée plus en détail.

La figure III.6 présente la distribution spatiale des concentrations de sulfates en lac pour la région de l'Outaouais. Ces valeurs vont de 2 à 10 mg/L avec une moyenne de 5,6 mg/L de SO_4^{2-}. Exception faite des zones non-sensibles où les données ne sont pas disponibles, on peut remarquer une forte concentration de lacs riches en sulfates au sud et au sud-ouest de la région. Les concentrations excèdent généralement 6 mg/L à ces endroits. Ainsi, 44,2

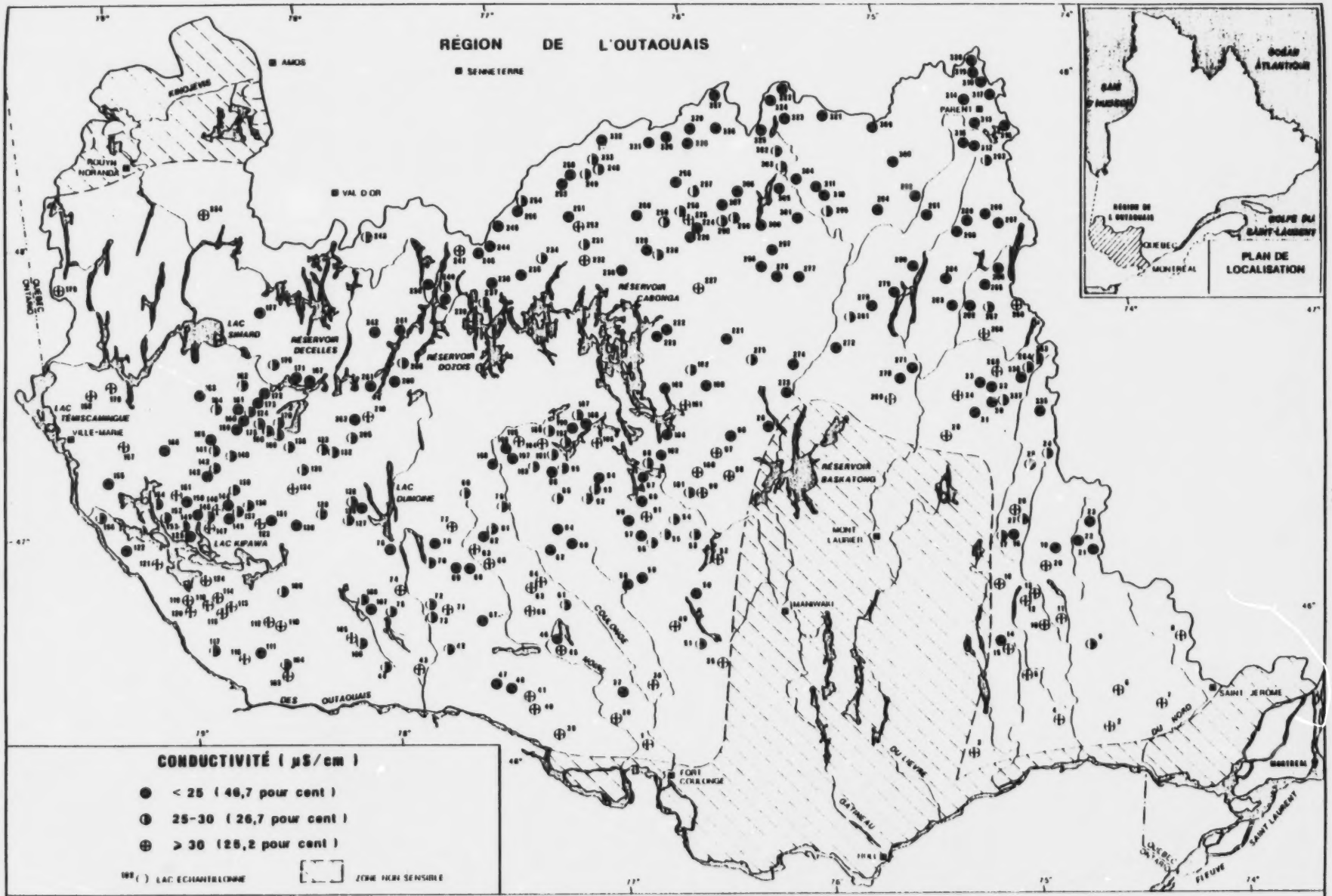


Figure III .5 DISTRIBUTION SPATIALE DE LA CONDUCTIVITÉ MESURÉE SUR 317 LACS DE LA RÉGION DE L'OUTAOUAIS

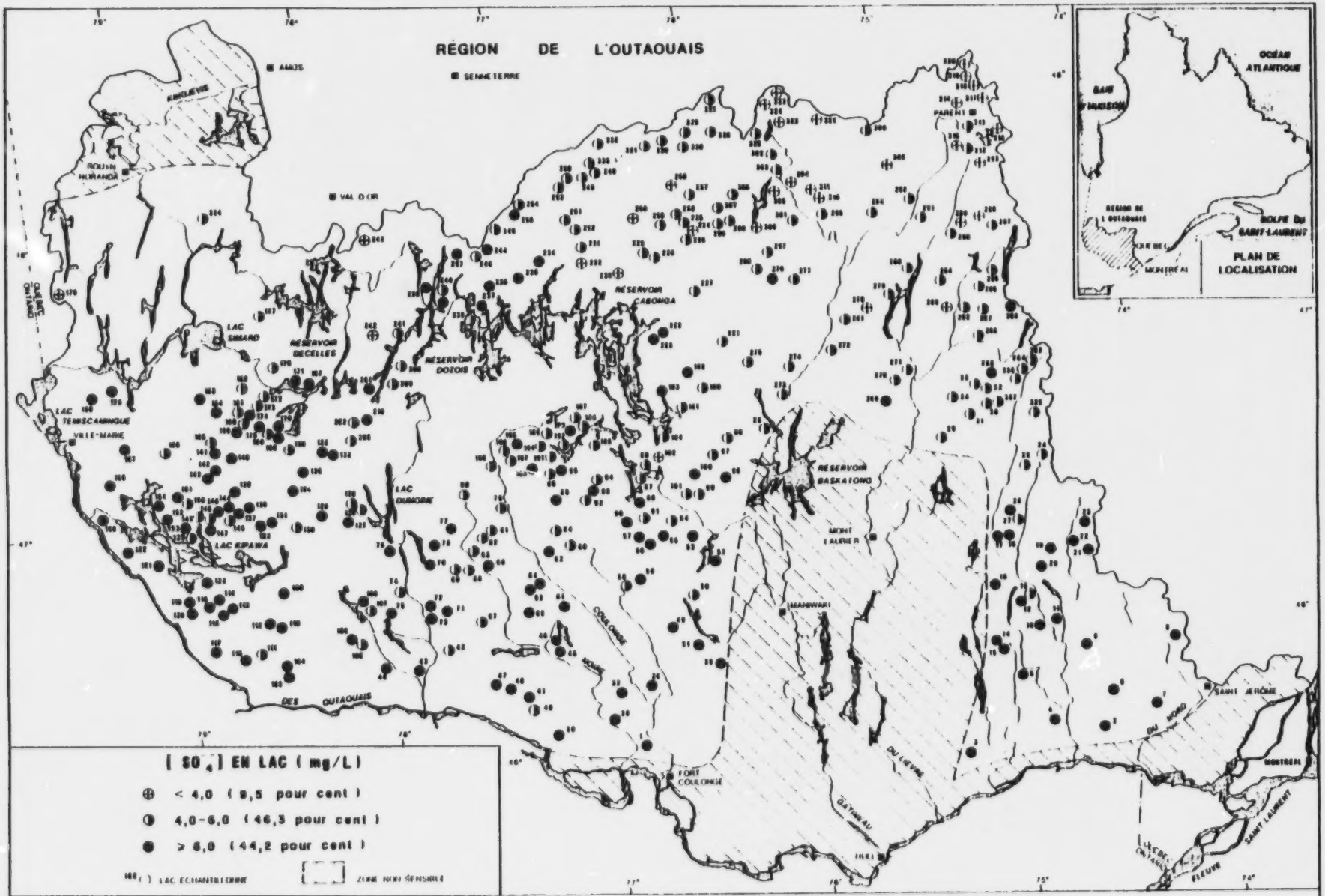


Figure III .6 DISTRIBUTION SPATIALE DES TENEURS DE SULFATES MESURÉES DANS 317 LACS DE LA RÉGION DE L'OUTAOUAIS

pour cent des lacs (3 206 sur 7 253) seraient caractérisés par une concentration égale ou supérieure à cette valeur (tableau III.2).

Selon la figure III.6, les concentrations de SO_4^{2-} en lac diminuent graduellement vers le nord-est pour atteindre des valeurs inférieures à 4,0 mg/L près de Parent. Seuls 9,5 pour cent des lacs présentent une concentration aussi peu élevée. À l'inverse, 90,5 pour cent des lacs (6 564 sur 7 253) affichent une concentration de sulfates supérieure ou égale à 4 mg/L.

La distribution spatiale des concentrations moyennes annuelles pondérées de sulfates dans les précipitations est très similaire à celle des lacs. Ainsi, la figure III.7 permet de noter la décroissance des concentrations de SO_4^{2-} du sud et du sud-ouest vers le nord et le nord-est de la région, les concentrations maximales étant observées au sud et au sud-ouest. Des concentrations élevées de sulfates dans les précipitations sont également observées près de Rouyn-Noranda où se situe l'usine d'affinage Noranda Ltée. Ce patron de variabilité a déjà été noté par plusieurs auteurs (Dupont, 1984a; Talbot et al., 1984; Dupont et Grimard, 1986, 1987).

La figure III.8 présente les concentrations de sulfates d'origine géologique telles que calculées par le modèle de Wright (1983). Selon ce modèle, 85,6 pour cent des lacs présenteraient une concentration naturelle de sulfates comprise entre 17 et 60 µeq/L (0,8 - 2,9 mg/L). Ces valeurs sont similaires à celles avancées par Harvey et al. (1981). Dans ces lacs, la contribution naturelle des sulfates compte pour 30 à 40 pour cent de la concentration totale en sulfates, le reste étant attribuable aux apports aéroportés. Les lacs caractérisés par des concentrations naturelles de sulfates supérieures à 60 µeq/L (14,4 pour cent des lacs) sont principalement localisés près de la zone non-sensible au sud de la région. À cet endroit, l'oxydation de la pyrite contenue dans les roches de la série de Grenville (Pollock, 1956, 1957) serait à l'origine des concentrations plus élevées. Un processus similaire pourrait également expliquer les fortes concentrations naturelles de sulfates observées près de Ville-Marie, du lac Kipawa et de la bordure centre-est du bassin. Cette hypothèse demeure toutefois à vérifier.

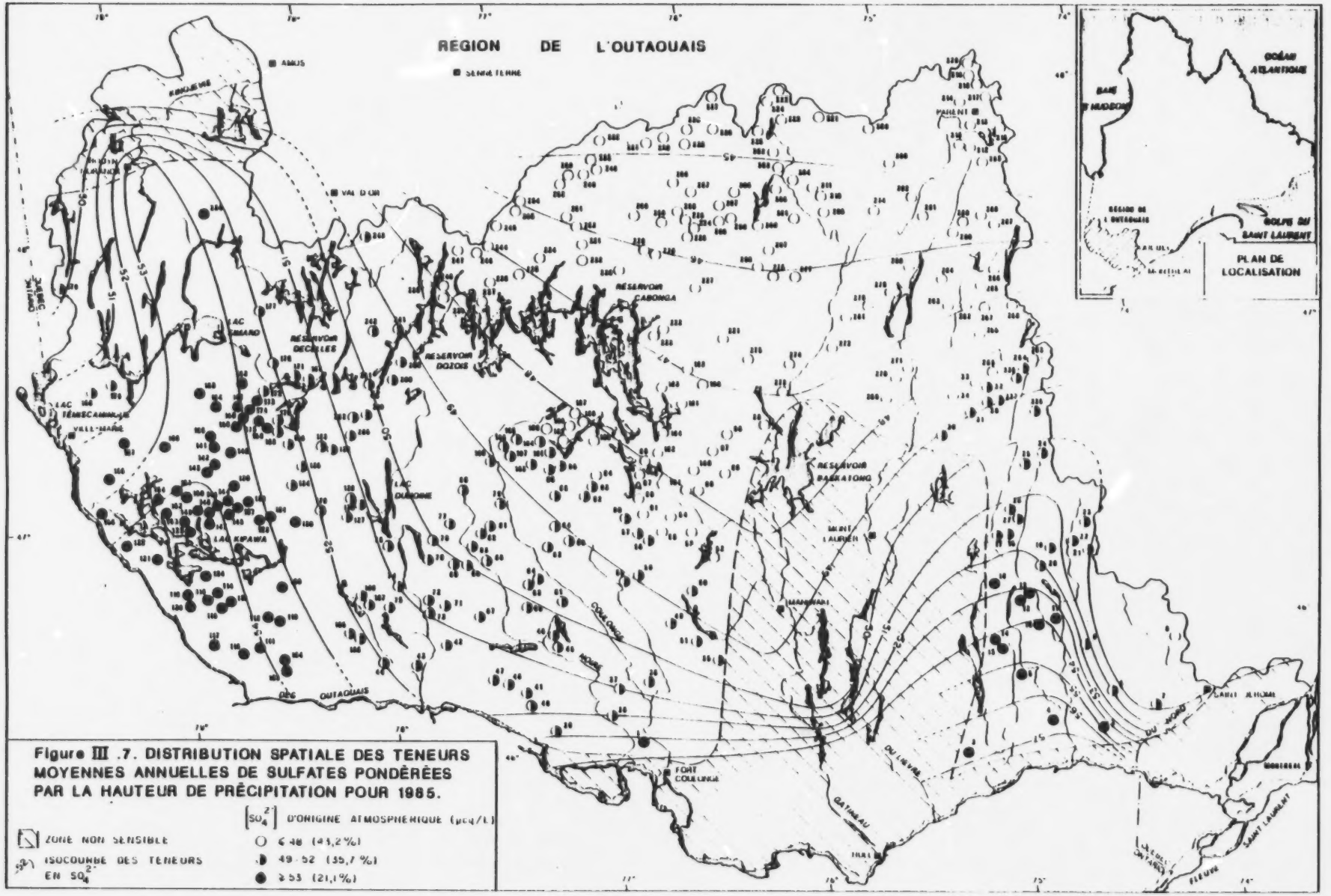


Figure III .7. DISTRIBUTION SPATIALE DES TENEURS MOYENNES ANNUELLES DE SULFATES PONDÉRÉES PAR LA HAUTEUR DE PRÉCIPITATION POUR 1985.

$[SO_4^{2-}]$ D'ORIGINE ATMOSPHERIQUE (µeq/L)

- ZONE NON SENSIBLE
- ISOCOURBE DES TENEURS EN SO_4^{2-}
- ○ ≤ 48 (41,2%)
- ◑ 49-52 (35,7%)
- ● ≥ 53 (21,1%)

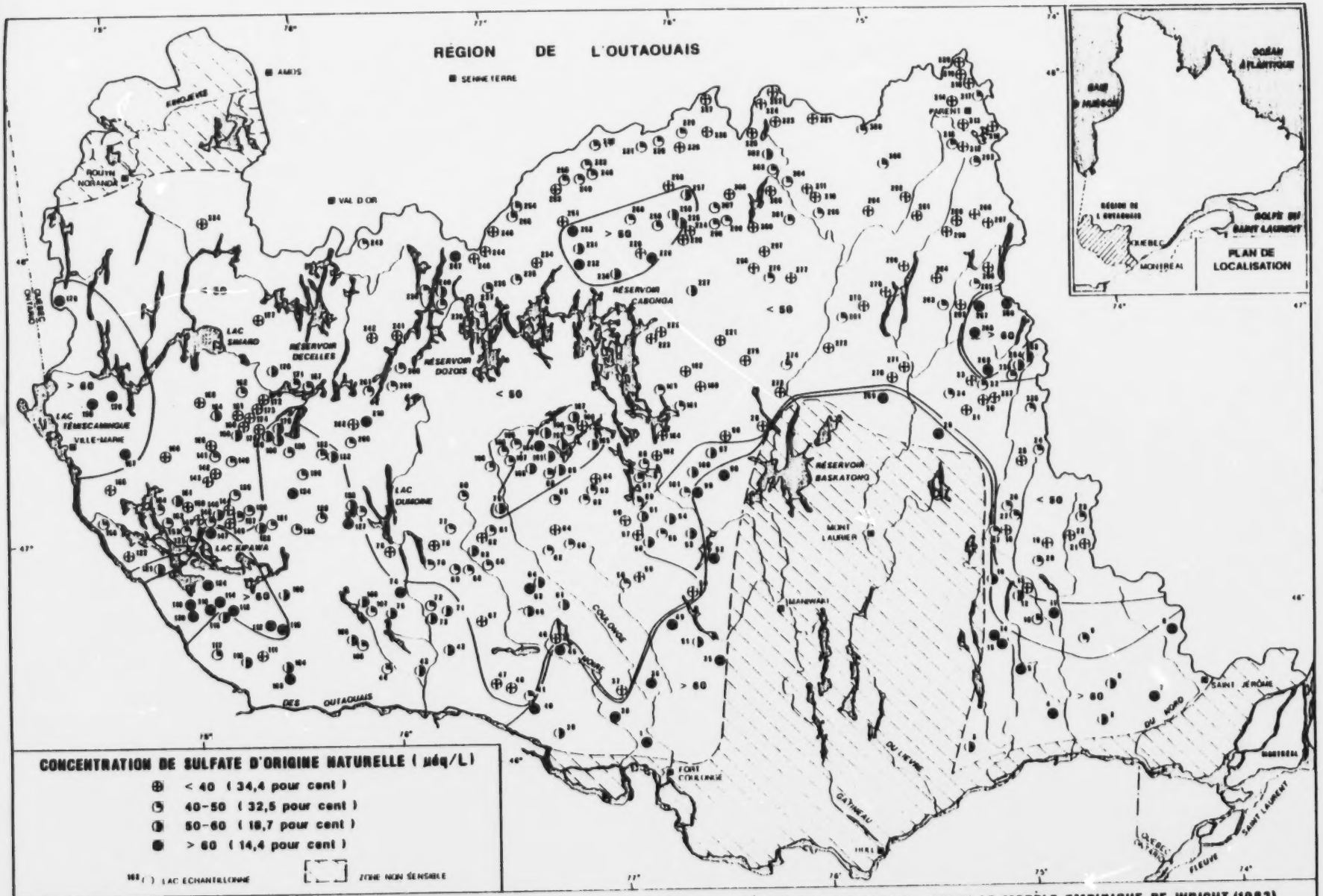


Figure III .8 DISTRIBUTION SPATIALE DES TENEURS NATURELLES DE SULFATES DE 317 LACS DE LA RÉGION DE L'OUTAOUAIS , SELON LE MODÈLE EMPIRIQUE DE WRIGHT (1983)

La région hydrographique de l'Outaouais est particulièrement affectée par la présence des sulfates (Langlois et al., 1983; Dupont et Grimard, 1986, 1987). La figure III.9 démontre bien cette affirmation. Cette figure présente l'anion dominant dans chacun des 317 lacs échantillonnés. Un lac non affecté par les retombées de polluants aéroportés et dont la contribution géologique en SO_4^{2-} est minime devrait présenter une dominance en bicarbonates (lac carbonaté) ou en anions organiques (lac organique). Or, seulement 15,5 pour cent des 317 lacs échantillonnés dans l'Outaouais présentent une dominance en bicarbonates. Les lacs à dominance organique ne sont pas plus nombreux avec 6,6 pour cent. C'est plutôt la dominance en sulfates qui caractérise la région de l'Outaouais avec 77,9 pour cent des lacs. Le triangle de classification des lacs présenté à la figure III.10 traduit exactement cette dominance. Il exprime les concentrations relatives de chacun des trois anions majeurs composant le bilan ionique (les nitrates, les chlorures et les autres anions mineurs sont considérés négligeables). Des droites d'iso-pH (pH corrigé pour tenir compte de la pression partielle en CO_2) ont été ajustées de façon empirique sur ce triangle à partir de plus de 300 stations. La position de ces droites montre clairement que les lacs présentant un pH inférieur à 6,0 sont principalement dominés par les sulfates.

Le triangle de classification des lacs présenté à la figure III.10 permet également de déterminer dans une certaine mesure la contribution des sulfates et des anions organiques à l'acidité des plans d'eau. En faisant l'hypothèse que les anions organiques contribuent à l'acidité de façon équivalente aux sulfates, 69,5 $\pm$ 12,1 pour cent de cette acidité serait attribuable aux seuls sulfates. Pour l'Outaouais, cette contribution irait de 28,9 pour cent dans les lacs les plus organiques à plus de 98 pour cent pour les lacs les plus clairs.

L'examen du rapport $[HCO_3^-]/[SO_4^{2-}]$ confirme également l'influence marquée des sulfates sur la qualité de l'eau (figure III.11 et tableau III.3). Selon la littérature, les lacs non affectés par les retombées de polluants aéroportés devraient présenter un rapport supérieur à l'unité lorsque la contribution naturelle en sulfates est minime (Dickson, 1975). Selon la figure III.11 et le tableau III.3, seuls 15,8 pour cent des lacs (1 146 sur 7 253) répondent à ce critère, les autres lacs (6 107 sur 7 253) présentant un rap-

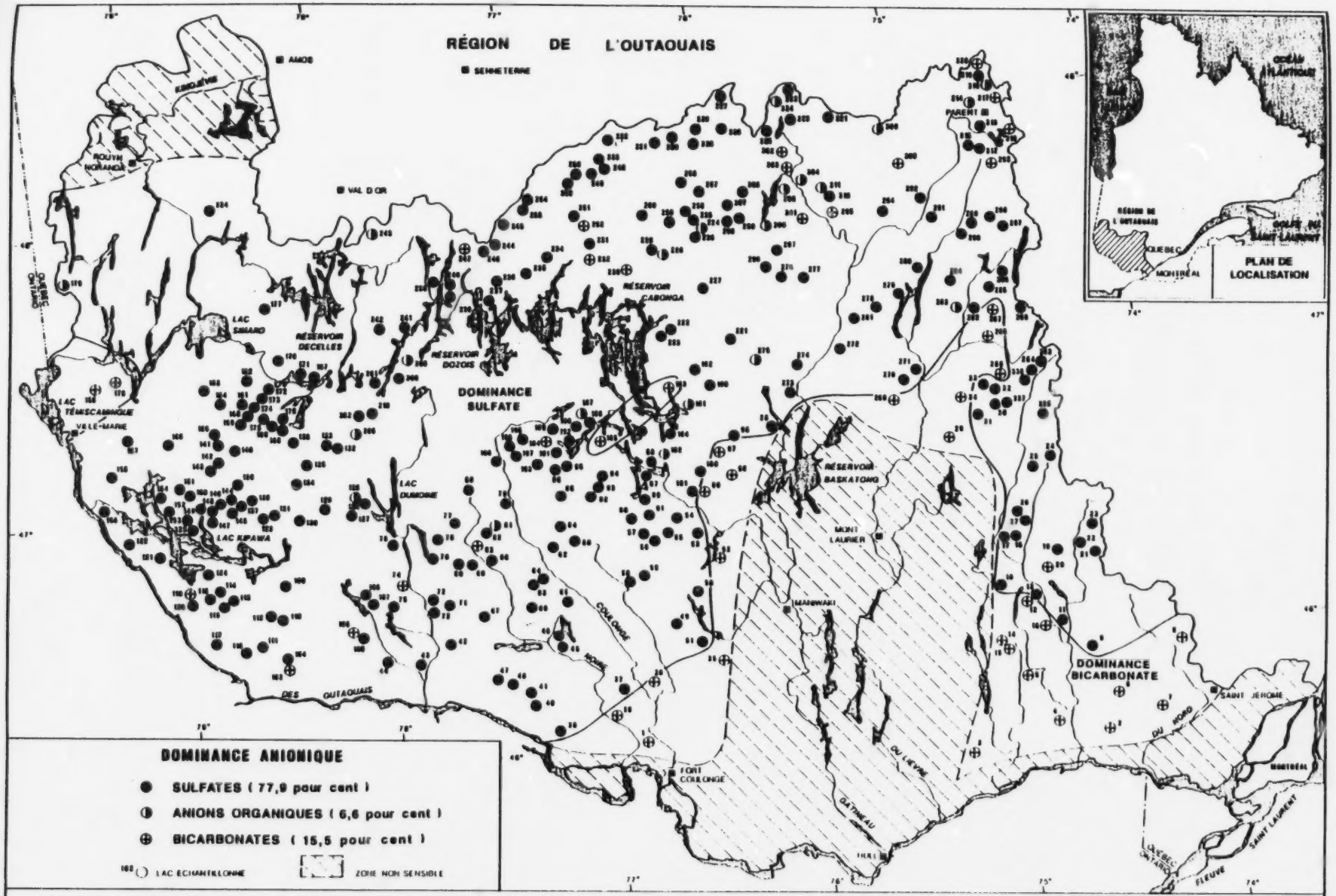


Figure III .9 DISTRIBUTION SPATIALE DE LA DOMINANCE ANIONIQUE DE 317 LACS DE LA RÉGION DE L'OUTAOUAIS

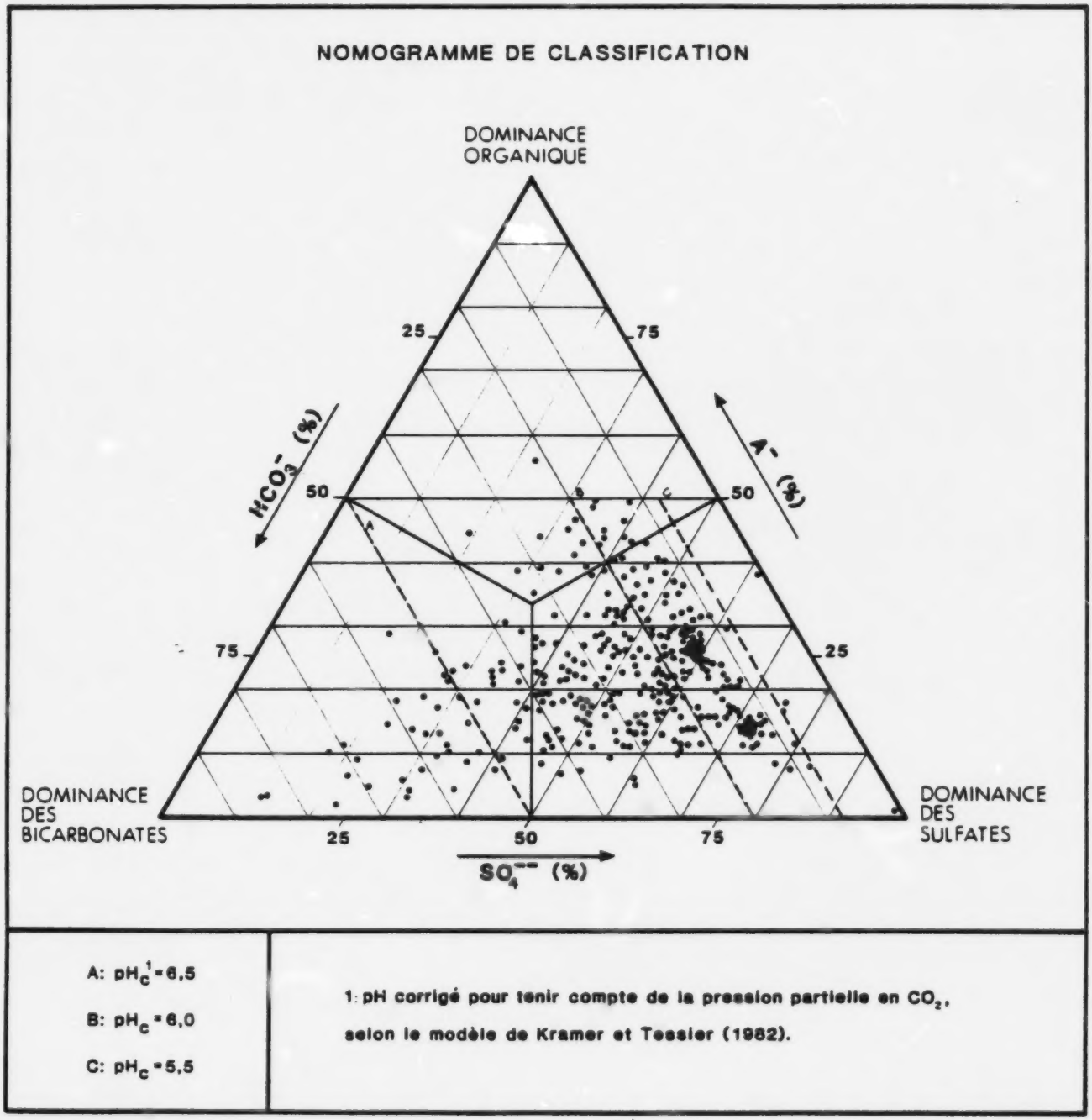


Figure III .10.
DOMINANCE ANIONIQUE DES LACS DE LA RÉGION DE L'OUTAOUAIS.

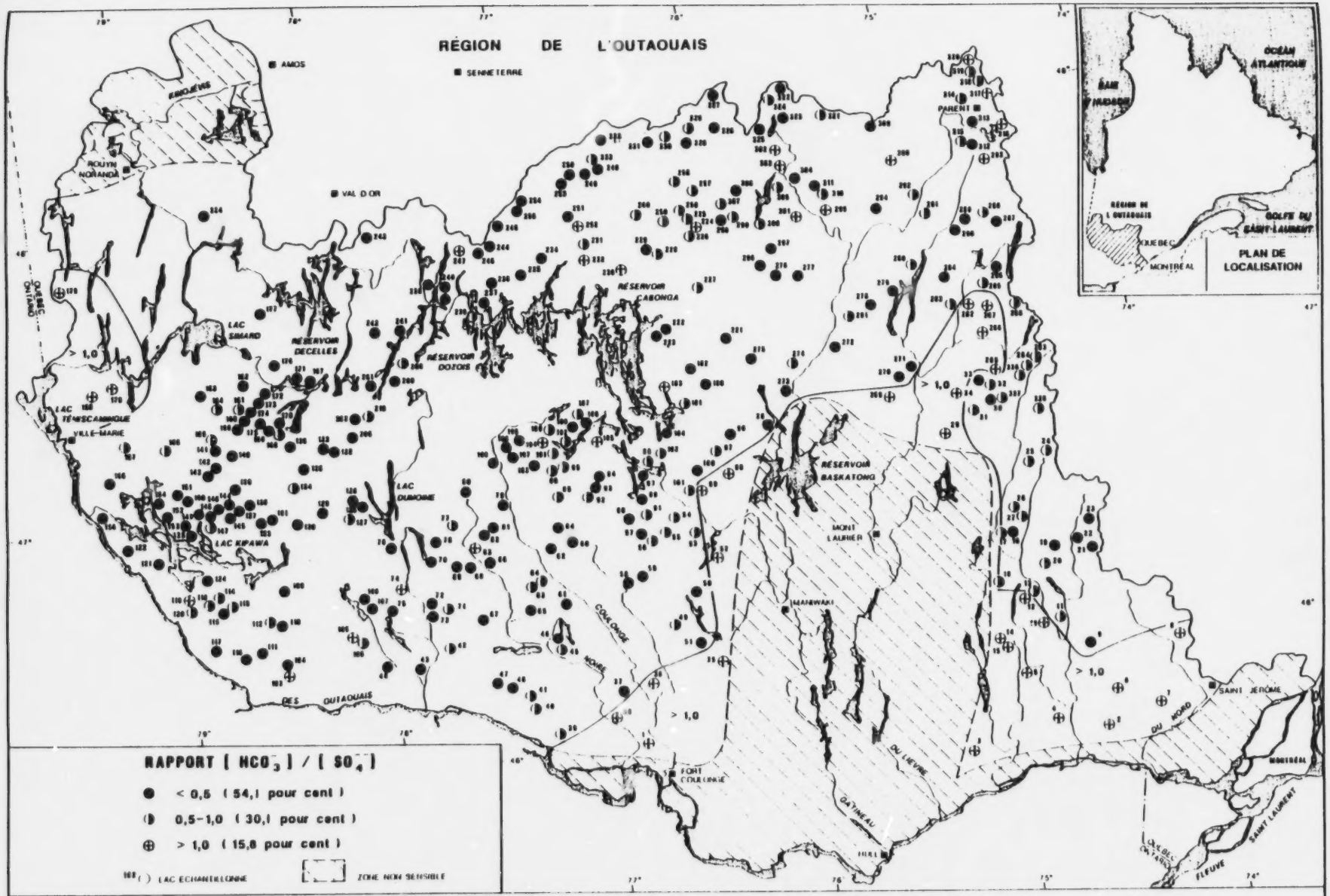


Figure III.11 DISTRIBUTION SPATIALE DES RAPPORTS BICARBONATE / SULFATE DE 317 LACS DE LA RÉGION DE L'OUTAOUAIS

port inférieur à l'unité. L'influence des sulfates est encore plus marquée pour 54,1 pour cent des lacs (3 924 sur 7 253), ces derniers affichant un rapport inférieur ou égal à 0,5.

L'application du modèle dérivé des équations de Kramer et Tessier (1982) permet d'estimer la baisse de pH encourue par l'action des acides forts comme l'acide sulfurique. Le modèle consiste dans la comparaison du pH corrigé pour tenir compte de la pression partielle en CO_2 (pH observé) et d'un pH théorique calculé à partir de la somme des cations. Un lac soumis à la seule activité de l'acide carbonique devrait présenter un pH observé équivalent au pH théorique, tout écart à la droite d'équivalence traduisant ainsi l'acidification produite par les acides forts.

La figure III.12 présente l'écart de pH estimé pour chacun des 317 lacs. Ainsi, 35 pour cent des lacs auraient subi une acidification supérieure à 0,7 unité de pH. Dans le même sens, 69,4 pour cent des lacs auraient subi une acidification de plus de 0,5 unité, tandis que le pH de 30,6 pour cent des lacs sensibles aurait baissé de moins de 0,5 unité.

III.2.4 Influence des matières organiques

La présence de concentrations élevées en matières organiques affecte significativement la qualité des eaux de surface de deux façons: par une contribution à l'acidité des eaux et par une augmentation du pouvoir de complexation des cations et en particulier des métaux lourds (Jones et al., 1986).

Au niveau de l'acidité, le modèle de gestion développé par Dupont et Grimard (1987) démontre bien l'action significative des acides organiques sur le pH en accélérant l'acidification produite par les apports de sulfates. Cette contribution des acides organiques à l'acidité des eaux a également été observée par Brosset (1979), Johnson (1981) et plusieurs autres chercheurs. Des concentrations très élevées d'anions organiques dans des lacs aux eaux peu minéralisés peuvent même devenir la source principale d'acidité. Ces lacs sont toutefois rares. Par exemple selon la figure III.10, seuls neuf des 317 lacs de l'Outaouais, ayant un pH inférieur à 6,0, présentent une dominance

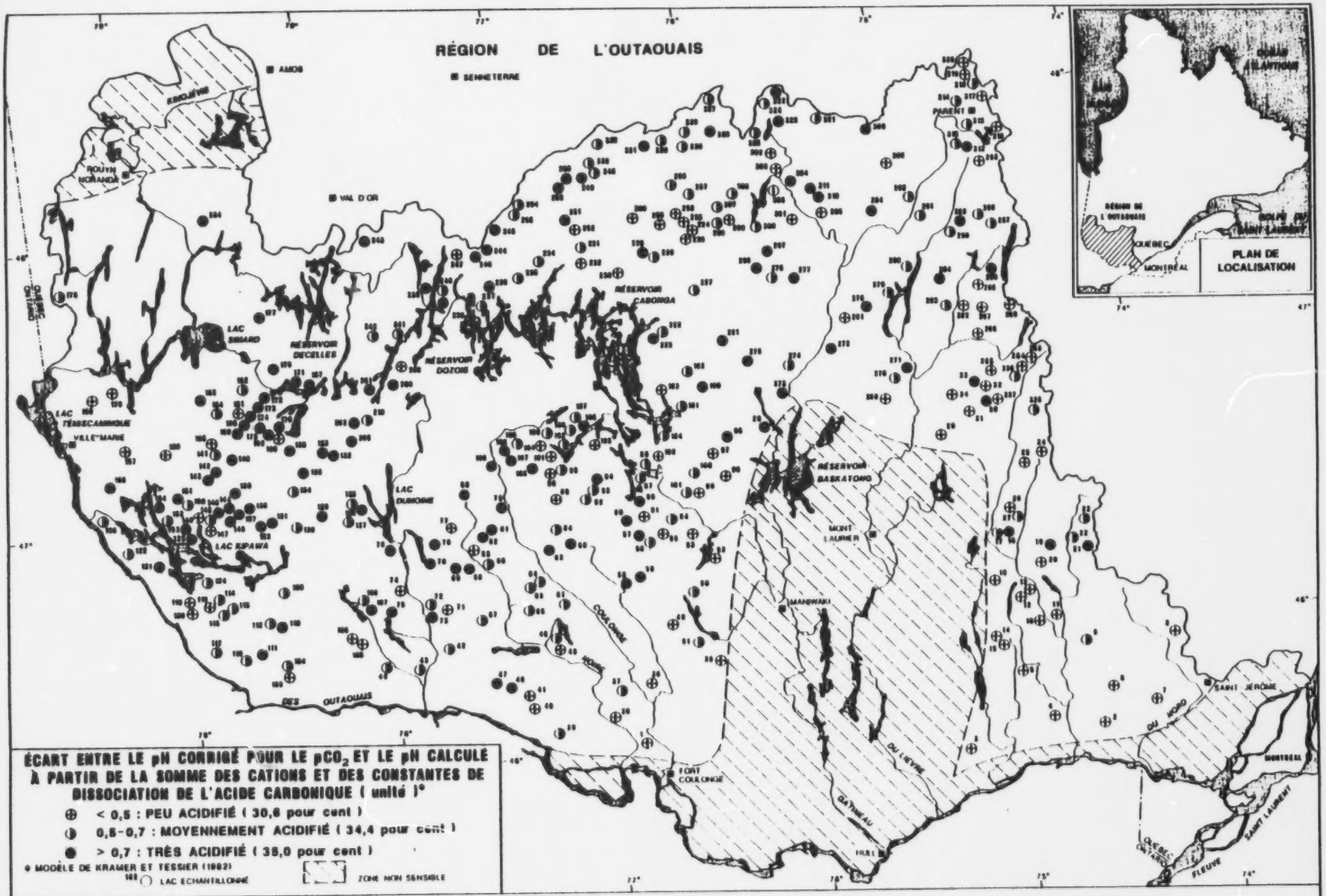


Figure III.12 DISTRIBUTION SPATIALE DE L'ÉCART ENTRE LES pH THÉORIQUES DE 317 LACS DE LA RÉGION DE L'OUTAOUAIS ET LES pH CORRIGÉS POUR LE pCO_2

organique. Les sulfates dans ces lacs ne sont cependant pas négligeables avec une contribution relative variant entre 34 et 42 pour cent.

L'examen de la variabilité de la couleur (figure III.13) montre que cette variable est relativement homogène sur tout le bassin, exception faite de deux régions spécifiques caractérisées par des lacs faiblement colorés. La première région couvre une bande allant du lac Kipawa jusqu'au centre-nord du bassin. Les lacs localisés à l'intérieur de ce secteur sont en général peu minéralisés, fortement affectés par les sulfates et pour la plupart acides. Ils correspondent aux lacs acides "clairs" typiques. Martin et Brydges (1986) ont noté l'existence de conditions similaires dans les lacs ontariens au sud-ouest du lac Kipawa. L'autre zone de lacs clairs se situe au sud du bassin de l'Outaouais à proximité de la zone non-sensible. Ces lacs sont généralement très alcalins avec des pH supérieurs à 6,5. Cette couleur faible qui s'accompagne généralement d'une plus grande transparence pourrait être due à l'accroissement de la dispersion lumineuse causé par la précipitation du carbonate de calcium (Effler et al., 1986). Ce phénomène porte le nom anglais de "whiting" (blanchissage). Il est également plausible de croire que les faibles niveaux de couleur soient reliés à l'entrainement des particules organiques lors de la précipitation du carbonate de calcium. Le COD présente un comportement similaire à la couleur, avec lequel d'ailleurs, il est fortement corrélé (r de Spearman = 0,92: $P < 0,01$).

Selon la figure III.13 et le tableau III.2, 60,3 pour cent des lacs de l'Outaouais (4 374 sur 7 253) présentent une couleur inférieure ou égale à 30 unités Hazen. Très peu de lacs de cette région présentent une couleur supérieure à 100 unités Hazen. En fait, seulement 0,9 pour cent des plans d'eau (65 sur 7 253) seraient caractérisés par un niveau de couleur supérieur à cette valeur. Du coté du COD, la majorité des lacs présentent une concentration inférieure à 10 mg/L (91,8 pour cent).

L'examen de la variabilité de l'aluminium filtré démontre bien le pouvoir de complexation de la matière organique (Figure III.14). L'aluminium est souvent considéré comme un élément solubilisé lors du processus d'acidification. C'est un fait que la solubilité de l'aluminium "inorganique" s'accroît avec la baisse du pH (Cronan et al., 1986). Toutefois, la partie inorganique

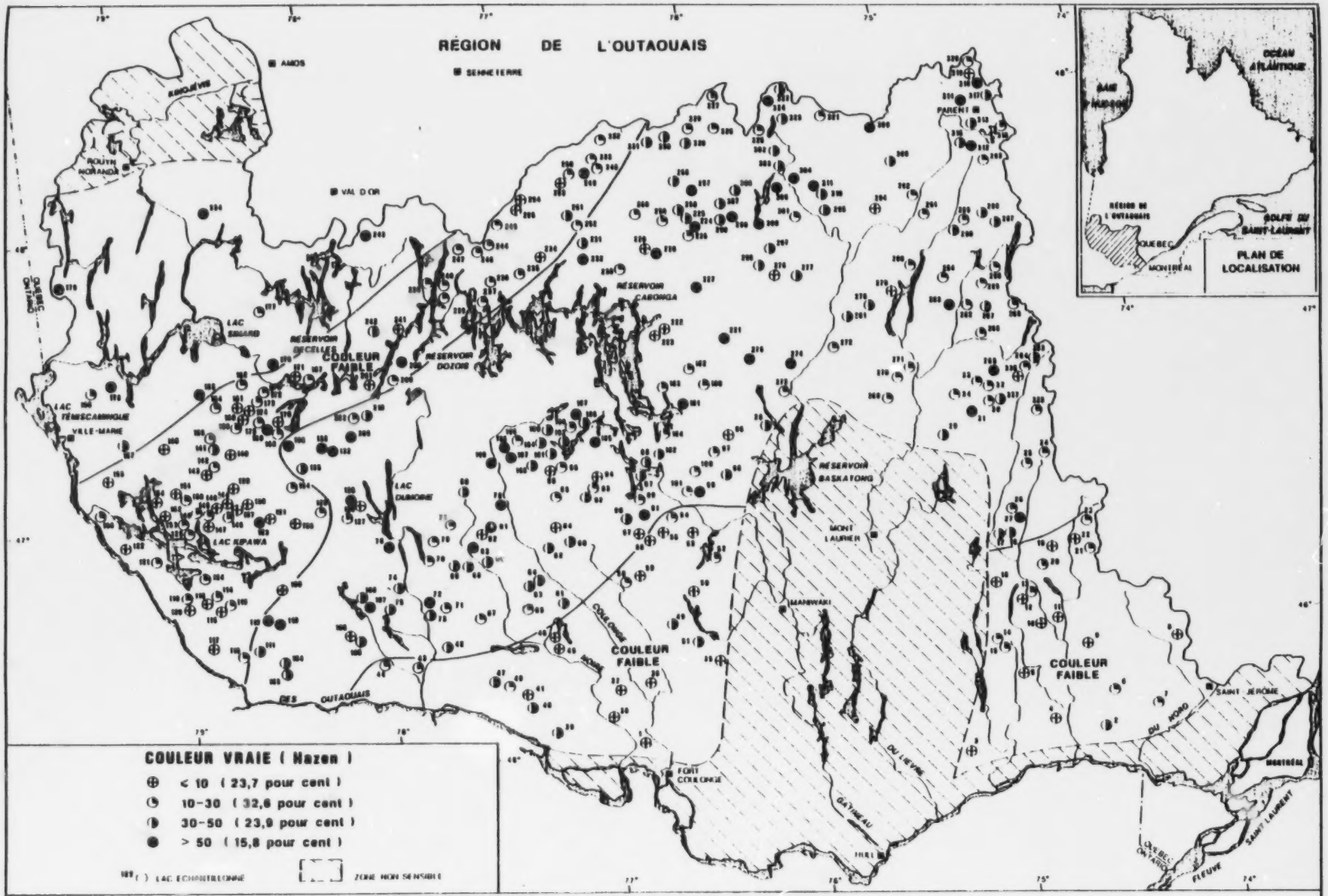


Figure III.13 DISTRIBUTION SPATIALE DE LA COULEUR VRAIE DE 317 LACS DE LA RÉGION DE L'OUTAOUAIS

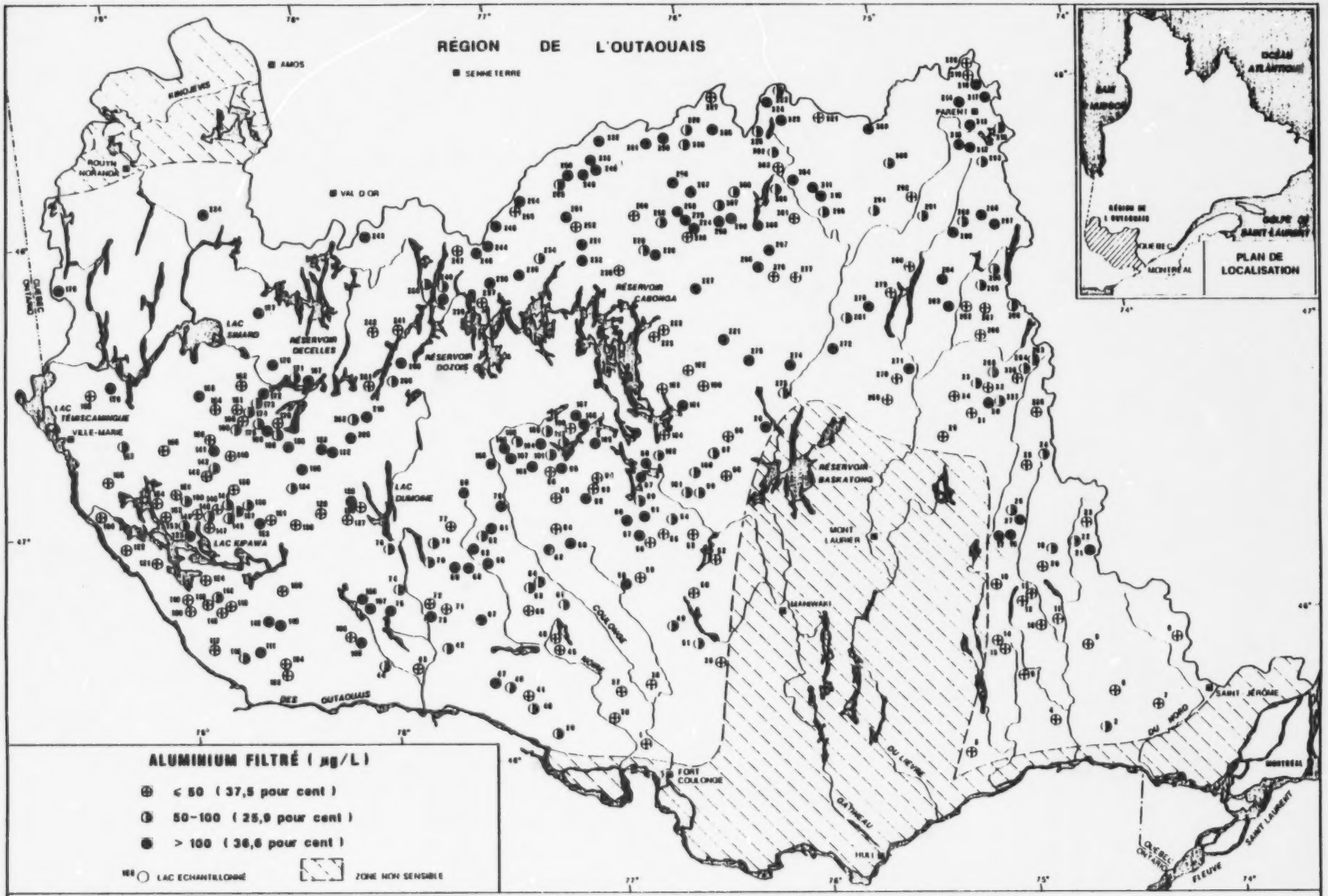


Figure III.14 DISTRIBUTION SPATIALE DES CONCENTRATIONS EN ALUMINIUM FILTRÉ DE 317 LACS DE LA RÉGION DE L'OUTAOUAIS

de l'aluminium n'est qu'une des formes que prend cet élément. Or, dans les eaux naturelles du bouclier canadien, l'aluminium organique peut représenter une grande proportion de l'aluminium total. C'est probablement le cas pour l'Outaouais puisque l'aluminium filtré est fortement corrélé à la couleur ($r = 0,82$: $P < 0,01$) et au COD ($r = 0,74$: $P < 0,01$). Ces corrélations pourraient être un indice que la couleur et l'aluminium ont une origine commune et qu'ils proviennent du bassin versant. Ces relations sont supérieures à celle existant entre le pH et l'aluminium ($r = -0,64$: $P < 0,01$). Comme l'indique Campbell et al. (1986), la spéciation de l'aluminium dépend des conditions prévalentes dans le milieu. La concentration en ligands, qui est dépendante de la concentration en matières organiques ainsi que de sa nature, représente l'une de ces conditions. C'est pour cette raison que les fortes concentrations en aluminium ne sont pas exclusivement associées aux lacs acides. De fait dans la région de l'Outaouais, elles sont souvent liées aux lacs colorés.

III.2.5 Influence des paramètres physiques sur la qualité de l'eau

Certains paramètres physiques comme l'altitude, la superficie et l'ordre hydrologique du lac (lac de tête, lac de deuxième ordre, etc.) ont été examinés afin de détecter une influence sur la qualité de l'eau.

L'altitude semble être le paramètre qui influe le plus sur la qualité de l'eau, et en particulier sur les concentrations en sulfates et le niveau de minéralisation. Ainsi, il existe une relation inverse entre l'altitude et la concentration en sulfates (r de Spearman = -0,60: $P < 0,01$). Cette relation peut s'expliquer par le fait que les lacs recevant le moins de sulfates sont localisés en haute altitude au nord-est du bassin où la distance est plus grande par rapport aux sources d'émissions de SO_2. À l'inverse, les lacs de basse altitude sont généralement situés au sud du bassin où les dépôts de sulfates sont plus élevés. Une relation significative existe également entre l'altitude et le niveau de minéralisation, et plus particulièrement avec la conductivité. Cette relation s'explique par le fait que les sols sont généralement plus minces et que le relief est plus accentué en altitude, le temps de contact entre l'eau et les minéraux contenus dans les sédiments devenant plus faible. De plus, les sols des bassins versants associés aux lacs de

haute altitude dans l'Outaouais sont surtout dérivés de roches ignées pauvres en éléments carbonatés.

La superficie des lacs ne montre pas d'influence significative sur la majorité des paramètres reliés à la qualité de l'eau (niveau de signification = 0,01). Seuls la couleur et l'azote ammoniacal font exception à cette règle. L'intensité de ces relations demeurent toutefois faible. Ainsi, il existe une relation tout juste significative entre la superficie des lacs et la couleur (r de Spearman = -0,17). La relation entre NH_4^+ et la superficie des lacs est légèrement meilleure avec un r de Spearman de -0,30. Ces relations semblent indiquer l'accroissement des probabilités de l'existence d'un milieu réducteur (anoxie) avec la diminution de la superficie des lacs. Ceci ne semble toutefois pas affecter les autres paramètres. Une analyse discriminante a également été réalisée à partir de classes de superficie de lacs, mais n'a pas apporté de résultats significatifs.

L'ordre hydrologique du lac semble posséder une certaine influence sur la qualité de l'eau. Ainsi, une analyse discriminante a été réalisée à partir des principales variables physico-chimiques en fonction de l'ordre hydrologique des lacs. Ceci a permis d'obtenir un résultat global de 34,4 pour cent de succès au niveau de la classification basée sur la qualité de l'eau. Le tableau ci-dessous présente le pourcentage de lacs bien classés par rapport à l'ordre hydrologique des lacs:

ORDRE HYDROLOGIQUE	EFFECTIF	LACS BIEN CLASSÉS	POURCENTAGE
1 (lacs de tête)	217	75	34,56
2	53	14	26,42
3	21	10	47,62
4	7	4	57,14
5	5	2	40,00
6	3	2	66,67
7	3	2	66,67
9 et plus	6	0	0,00
TOTAL	317	109	34,38

L'étude d'autres paramètres physiques tels l'épaisseur des sédiments, la nature géologique, le temps de contact des eaux souterraines, etc., aurait pu s'avérer intéressant mais ne pouvait être faite en raison de l'absence de données.

IV. APPLICATION DU MODÈLE DE GESTION SIGMA/SLAM AUX LACS DE L'OUTAOUAIS

Le modèle de gestion SIGMA/SLAM (Système interactif de gestion des milieux acides / System for lake acidity management) fut mis au point pour déterminer l'influence des retombées de sulfates aéroportés sur la qualité de l'eau des lacs (Dupont et Grimard, 1987). Il permet de calculer le pH de lacs à partir du niveau de minéralisation caractérisé par Ca + Mg, de la présence d'acides organiques (couleur) et des concentrations moyennes annuelles de sulfates pondérées par la hauteur de précipitation. L'équation du modèle est basée sur une fonction arcsinus hyperbolique qui tient compte des constantes de dissociation de l'acide carbonique et de la pression partielle en CO_2. Outre l'estimation du pH, le modèle de gestion peut également servir à la détermination d'un seuil critique de sulfates auquel un lac peut être soumis tout en maintenant un pH donné.

L'application du modèle de gestion repose sur trois hypothèses majeures; la réversibilité des processus d'acidification, un temps de réaction instantané (équilibre rapide) entre les apports atmosphériques et le bassin versant, ainsi que la représentativité de l'impact des variations longitudinales des dépôts de sulfates humides sur le pH des lacs en ce qui a trait à l'évolution future de ces conditions.

Dans cette étude, nous utilisons la version du modèle calibré à partir de 1 091 lacs du Québec. L'application de ce modèle aux 317 lacs échantillonnés dans la région de l'Outaouais permet d'obtenir une erreur-type d'estimation de 0,227 unité de pH. De plus, le modèle appliqué aux 317 lacs permet d'expliquer plus de 77 pour cent de la variabilité du pH. La figure IV.1 présente la relation graphique entre le pH mesuré et le pH calculé par le modèle de gestion.

Dans cette section, les résultats obtenus avec le modèle de gestion ont été étendus à l'ensemble des lacs inventoriés ayant une superficie comprise entre 10 et 2 000 hectares (7 253), ainsi qu'à l'ensemble des lacs localisés dans les zones potentiellement sensibles de la région de l'Outaouais (environ 33 080 lacs). Dans ce dernier cas, l'extrapolation de la qualité de l'eau des

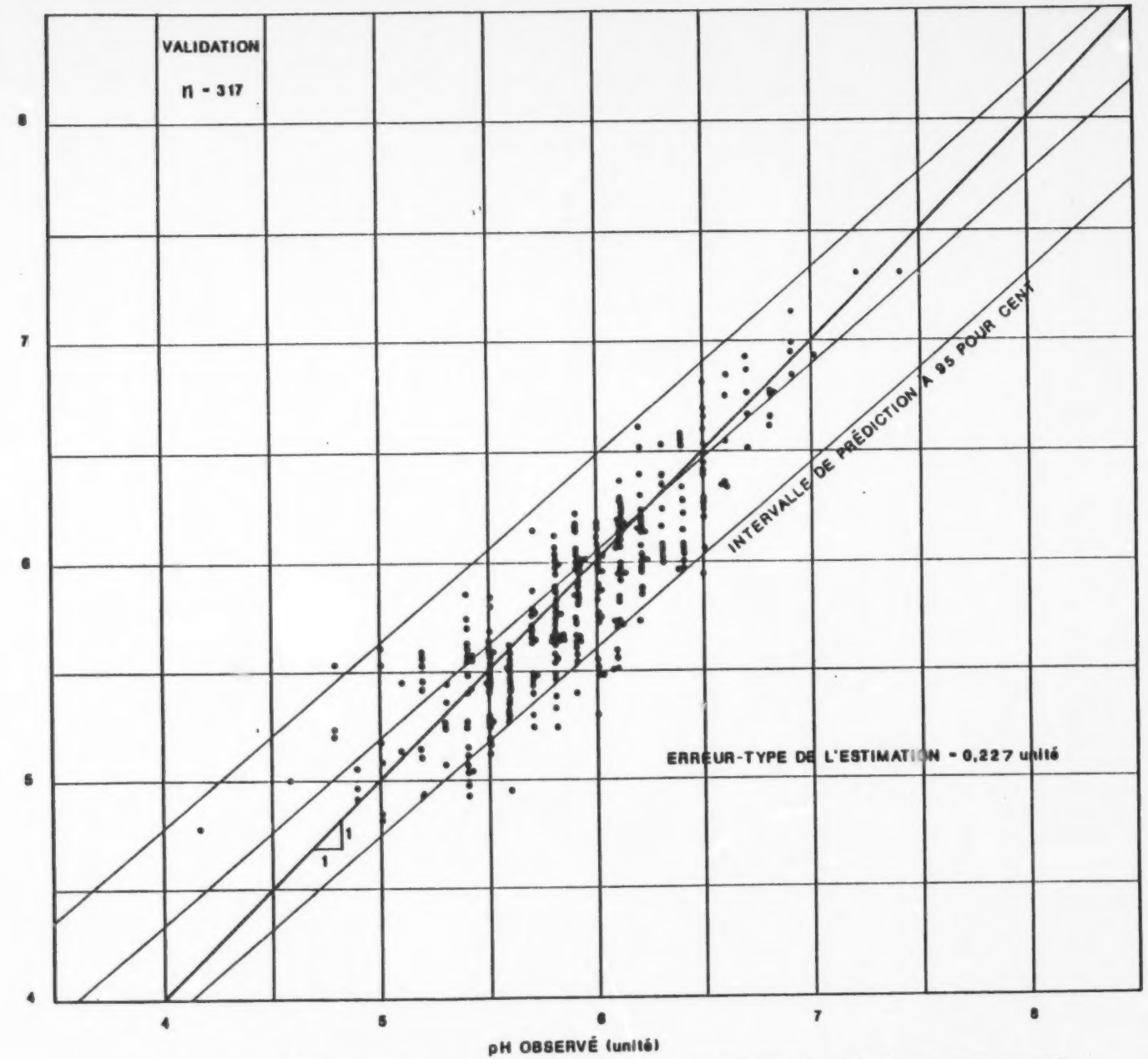


Figure IV.1 pH calculé par le modèle de gestion en fonction du pH observé dans 317 lacs de la région de l'Outaouais.

317 lacs échantillonnés à l'ensemble des 33 080 lacs est soumise aux hypothèses énumérées à la section III.2.1 qui traite de l'acidité des lacs. Bien que les valeurs découlant de l'utilisation de l'ensemble des lacs soient probablement sous-estimées du fait que les lacs de moins de dix hectares sont généralement plus sensibles aux apports acides, il n'en demeure pas moins que les estimations étendues aux 33 080 lacs permettront de fournir un ordre de grandeur des ressources lacustres qui seront affectés par d'éventuelles hausses ou baisses des concentrations de sulfates aéroportés.

IV.1 ÉTAT ACTUEL DES LACS À L'ÉGARD DES RETOMBÉES DE SULFATES

Il existe de nombreuses façons de déterminer le degré de vulnérabilité ou le niveau d'agression des lacs par les retombées acides. Les principales méthodes de classification sont basées sur le pH ou l'alcalinité. D'autres techniques tiennent compte des sulfates, du rapport bicarbonates/sulfates ou encore de l'indice de saturation calcique. Aucune de ces méthodes ne peut cependant aider à estimer précisément le degré d'agression réel causé par les retombées de sulfates d'origine aéroportée.

Le modèle de gestion permet de calculer, pour une série donnée de lacs, un seuil critique de sulfates aéroportés au-dessus duquel les eaux de surface ne peuvent plus maintenir un pH fixé. Naturellement, le seuil critique varie selon le niveau de pH à maintenir et selon les caractéristiques physico-chimiques du lac. Ceci implique donc que chaque plan d'eau est caractérisé par un seuil critique de sulfates qui lui est spécifique.

Selon le tableau IV.1, dont les valeurs ont été calculées par l'entremise du logiciel SIGMA/SLAM, 63,1 pour cent des lacs de la région hydrographique de l'Outaouais ne peuvent maintenir un pH égal ou supérieur à 6,0 unités. Par rapport aux 7 253 inventoriés, dont la superficie est comprise entre 10 et 2 000 hectares, c'est 4 577 lacs qui ne peuvent actuellement soutenir un pH de 6,0 unités. Ce même pourcentage correspondrait à près de 21 000 plans d'eau sur les 33 080 considérés vulnérables. Ces chiffres correspondent à des retombées maximales de 56,0 µeq/L ou 28 kg/ha/an (pour une précipitation annuelle de 1 000 mm d'eau) de sulfates dans les précipitations. Cette valeur critique de pH peut se justifier par l'occurence d'effets néfastes sur

Tableau IV.1 Effet de réduction ou de hausse des concentrations moyennes annuelles de sulfates pondérées par la hauteur de précipitation sur le nombre de lacs affectés, pour le maintien d'un pH minimal de 6,0 unités.

MAINTIEN D'UN pH ≤ 6,0 unités (SEUIL CRITIQUE = 6,0)	ACTUEL	RÉDUCTION (pourcentage)					HAUSSE (p. cent)	
		10	20	30	40	50	10	20
- POURCENTAGE DE LACS DONT LE SEUIL CRITIQUE EST DÉPASSÉ	63,1	51,1	37,9	19,6	10,1	5,7	75,4	83,6
- NOMBRE DE LACS DONT LE SEUIL CRITIQUE EST DÉPASSÉ (sur 317)	200	162	120	62	32	18	239	265
- CONCENTRATION MAXIMALE DE SO_4^{2-} DANS LES PRÉCIPITATIONS (µeq/L)	56,0	50,4	44,8	39,2	33,6	28,0	61,6	67,2
- DÉPÔT MAXIMAL DE SULFATES DANS LES PRÉCIPITATIONS (pour P = 1 000 mm : kg/ha/an)	28,0	25,2	22,4	19,6	16,8	14,0	30,8	33,6
- ESTIMATION DU NOMBRE DE LACS DE LA RÉGION DE L'OUTAOUAIS DONT LE SEUIL CRITIQUE EST DÉPASSÉ[1]								
- 10 À 2 000 ha (7 253)[2]	4 577	3 706	2 749	1 422	733	413	5 443	6 064
- ENSEMBLE DES LACS (33 080)[2]	20 873	16 904	12 537	6 484	3 341	1 886	24 942	27 655
- AMÉLIORATION[1]								
- POURCENTAGE DE LACS RÉCUPÉRÉS	-	19,0	39,9	68,9	84,0	91,0	-19,5	-32,5

[1] Estimation faite par l'entremise du modèle SIGMA/SLAM
[2] Lacs exclusivement situés en zone sensible de la région hydrographique de l'Outaouais

les communautés piscicoles à des pH inférieurs à 6,0, lesquels sont documentés dans la littérature (Newcombe, 1985; Richard, 1985, 1986; Schindler et al., 1985; Frenette 1986, 1987).

Le même exercice fut réalisé en tenant compte d'un pH critique de 5,5, lequel permet de préserver les espèces les moins sensibles à l'acidité. Il en ressort que les apports atmosphériques actuels de sulfates excèdent dans 22,1 pour cent des cas le seuil critique de SO_4^{2-} requis pour le maintien d'un pH de 5,5. Ce pourcentage correspond à 1 603 des 7 253 lacs inventoriés. En considérant l'ensemble des 33 080 lacs vulnérables de l'Outaouais, c'est plus de 7 300 lacs qui ne pourraient soutenir un pH d'au moins 5,5 (tableau IV.2).

Selon les résultats obtenus avec le logiciel SIGMA/SLAM, les seules retombées de sulfates dans les précipitations seraient responsables d'une acidification moyenne de 0,75 $\pm$ 0,34 unité de pH dans les lacs de la région de l'Outaouais. Cette acidification ne serait pas toujours survenue avec la même intensité puisque certains lacs aux eaux fortement minéralisées n'aurait subi aucune baisse de pH tandis que des lacs plus sensibles et plus affectés auraient subi une acidification pouvant atteindre 2,0 unités de pH (lac 334). Le modèle de gestion nous a permis de calculer le pourcentage de lacs qui ont subi divers degrés d'acidification par les sulfates aéroportés:

- Acidification inférieure à 0,5 unité : 23,0 pour cent
- Acidification comprise entre 0,5 et 1,0 unité: 55,5 pour cent
- Acidification comprise entre 1,0 et 1,5 unité: 18,9 pour cent
- Acidification supérieure ou égale à 1,5 unité: 2,6 pour cent

Selon ce tableau, respectivement 77,0 et 21,5 pour cent des lacs inventoriés auraient subi une acidification supérieure à 0,5 et 1,0 unité de pH.

IV.2 SCÉNARIO DE RÉDUCTION OU DE HAUSSE DES SULFATES AÉROPORTÉS

Les tableaux IV.1 et IV.2 rendent également compte de l'effet de réduction ou de hausse des apports de sulfates d'origine atmosphérique sur le pH des lacs.

Tableau IV.2 Effet de réduction ou de hausse des concentrations moyennes annuelles de sulfates pondérées par la hauteur de précipitation sur le nombre de lacs affectés, pour le maintien d'un pH minimal de 5,5 unités.

MAINTIEN D'UN pH ≤ 5,5 unités (SEUIL CRITIQUE = 5,5)	ACTUEL	RÉDUCTION (pourcentage)					HAUSSE (p. cent)	
		10	20	30	40	50	10	20
- POURCENTAGE DE LACS DONT LE SEUIL CRITIQUE EST DÉPASSÉ	22,1	12,9	6,6	3,8	1,9	0,6	42,9	54,9
- NOMBRE DE LACS DONT LE SEUIL CRITIQUE EST DÉPASSÉ (sur 317)	70	41	21	12	6	2	136	174
- CONCENTRATION MAXIMALE DE SO_4^{2-} DANS LES PRÉCIPITATIONS (µeq/L)	56,0	50,4	44,8	39,2	33,6	28,0	61,6	67,2
- DÉPÔT MAXIMAL DE SULFATES DANS LES PRÉCIPITATIONS (pour P = 1 000 mm : kg/ha/an)	28,0	25,2	22,4	19,6	16,8	14,0	30,8	33,6
- ESTIMATION DU NOMBRE DE LACS DE LA RÉGION DE L'OUTAOUAIS DONT LE SEUIL CRITIQUE EST DÉPASSÉ[1]								
- 10 À 2 000 ha (7 253)[2]	1 603	936	479	276	138	44	3 112	3 982
- ENSEMBLE DES LACS (33 080)[2]	7 311	4 267	2 183	1 257	629	198	14 191	18 161
- AMÉLIORATION[1]								
- POURCENTAGE DE LACS RÉCUPÉRÉS	-	41,6	70,1	82,8	91,4	97,3	-94,1	-148,4

[1] Estimation faite par l'entremise du modèle SIGMA/SLAM
[2] Lacs exclusivement situés en zone sensible de la région hydrographique de l'Outaouais

La considération d'un pH critique de 6,0 montre que la réduction de 50 pour cent des apports de sulfates dans l'atmosphère permettrait de réduire les dépôts maximals de SO_4^{2-} de 28 à 14 kg/ha/an (56 à 28 µeq/L). Une telle réduction permettrait de récupérer plus de 91 pour cent des lacs actuellement affectés. Si cette réduction globale de 50 pour cent ne pouvait être atteinte, des améliorations substantielles pourraient être obtenues avec des réductions de 10, 20, 30 ou 40 pour cent (17,9, 39,0, 68,4 et 84,0 pour cent de récupération). Par contre, une augmentation des apports de sulfates de 10 à 20 pour cent pourrait accroître à 75,4 et 83,6 pour cent respectivement le pourcentage de lacs dont le seuil critique est dépassé. Dans le cas des lacs inventoriés, ce scénario impliquerait une dégradation des conditions de qualité de l'eau de 866 et 1 487 autres lacs respectivement. Ces chiffres sont encore plus dramatiques en considérant l'ensemble des 33 080 lacs, puisque les pourcentages précédents impliqueraient l'acidification de 4 069 et 6 782 nouveaux lacs respectivement.

La considération d'un seuil critique de 5,5 apparaît moins sévère. Du pourcentage actuel de 22,1, une réduction de 50 pour cent des apports atmosphériques de sulfates permettrait de ramener le pH de la majorité des lacs au-dessus de la barre des 5,5 unités. En fait, le seuil critique de sulfates serait dépassé dans seulement 0,6 pour cent des lacs (tableau IV.2). Une telle réduction permettrait de récupérer 97,3 pour cent des lacs dont le seuil critique est actuellement dépassé. Des réductions de sulfates de moindre importance permettraient également de récupérer un nombre variable de lacs. La seule réduction de dix pour cent des apports permettrait de noter une amélioration dans plus de 41,6 pour cent des lacs affectés. Au contraire, une hausse des sulfates aussi minime que dix pour cent ferait passer le pourcentage de lacs ayant un pH égal ou inférieur à 5,5 de 22,1 à 42,9. Ce pourcentage de lacs pourrait même passer à 54,9 avec une augmentation de 20 pour cent des concentrations actuelles de sulfates dans les précipitations.

IV.3 NORME OPTIMALE DE SULFATES POUR LES APPORTS ATMOSPHÉRIQUES

La figure IV.2 présente l'influence des retombées de sulfates sur le pourcentage de lacs qui ne peuvent maintenir un pH critique donné. Ces lacs reçoivent des apports de sulfates qui excèdent le seuil critique de SO_4^{2-}

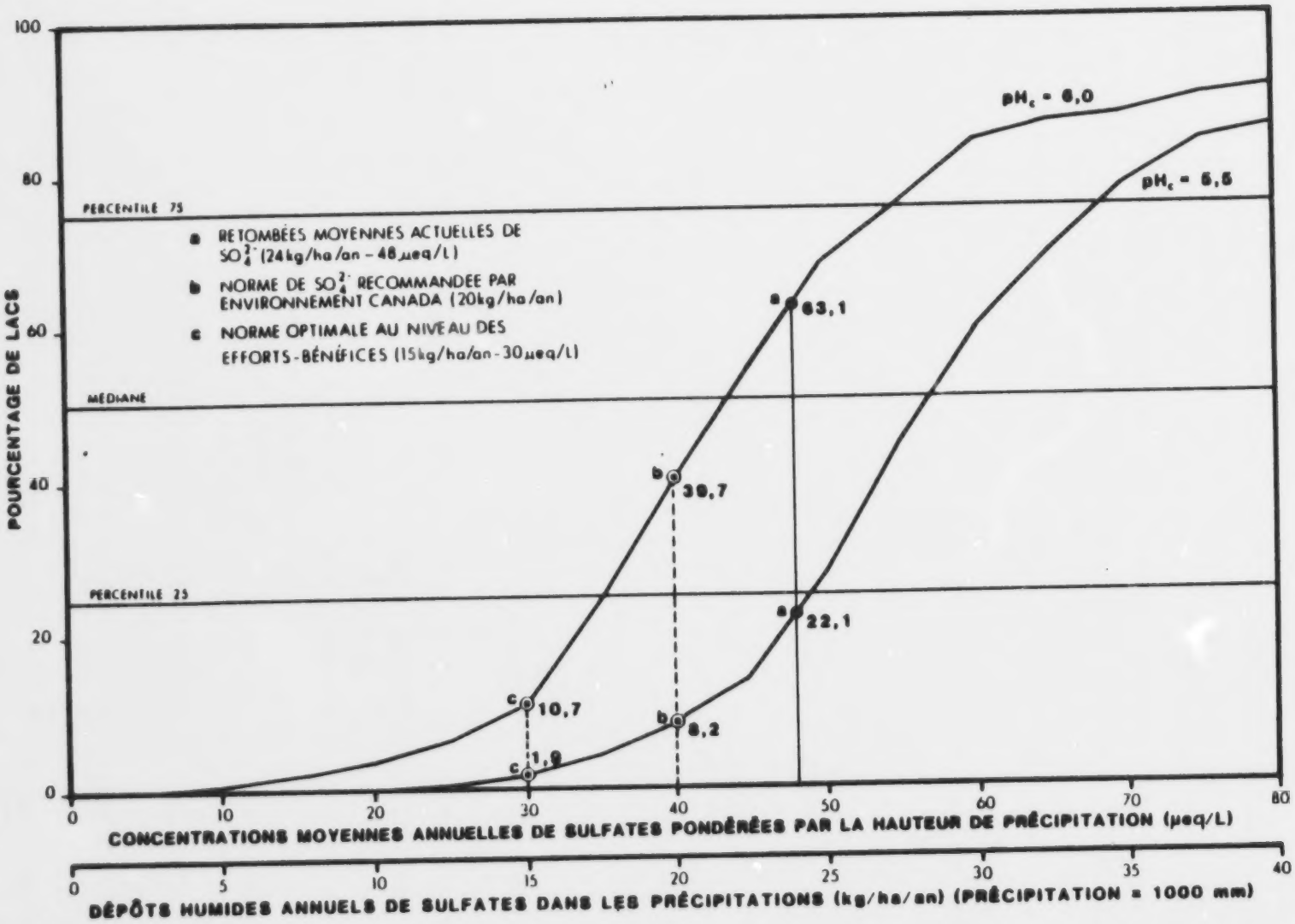


Figure IV.2. POURCENTAGE DE LACS DE LA RÉGION HYDROGRAPHIQUE DE L'OUTAOUAIS QUI NE PEUVENT MAINTENIR UN pH DONNÉ EN FONCTION DES APPORTS ATMOSPHÉRIQUES DE SULFATES.

d'origine atmosphérique requis pour le maintien d'un pH de 5,5 ou de 6,0. Ces valeurs de pH traduisent respectivement la limite supérieure de pH d'un lac acide et d'un lac de transition. Le pourcentage de lacs ayant un pH inférieur ou égal à 5,5 est toujours plus faible qu'à pH 6,0. Toutefois, les premiers sont beaucoup plus affectés par l'acidité. Pour cette raison, l'examen des divers scénarios de normes de sulfates qui seront abordés dans les prochains paragraphes, tient compte du pourcentage combiné de récupération atteint aux deux valeurs de pH.

Selon la figure IV.2, les retombées moyennes de sulfates sur les lacs de l'Outaouais sont actuellement de 24 kg/ha/an ou 48 µeq/L. La considération d'une norme de 20 kg/ha/an permettrait de ramener le pourcentage de lacs affectés de 63,1 à 39,7 en tenant compte d'un pH critique de 6,0. Ce pourcentage passerait de 22,1 à 8,2 en tenant compte d'un pH critique de 5,5. Le tableau IV.3 présente l'effet qu'aurait une telle norme sur la récupération des lacs actuellement affectés. En tenant compte d'un pH critique de 6,0, 37,1 pour cent des lacs actuellement affectés seraient récupérés. Dans le cas d'un pH critique de 5,5, la norme de 20 kg/ha/an permettrait d'obtenir un pourcentage de récupération de 62,9.

Il semble que le critère de 20 kg/ha/an s'avère trop élevé puisque que près de 40 pour cent des lacs ne seraient pas capable de maintenir un pH minimal de 6,0 et que 8,2 pour cent des lacs continueraient encore de présenter un pH inférieur à 5,5

Une norme de sulfates d'origine aéroportée plus faible que 20 kg/ha/an devrait donc être envisagée pour la sauvegarde des plans d'eau sensibles de la région de l'Outaouais. Plusieurs alternatives sont possibles, mais toutes ne représentent pas le même effort de réduction. Ainsi, une norme de 5 kg/ha/an (10 µeq/L) permettrait de ramener le pH de la presque majorité des lacs au dessus du seuil de 6,0. En tenant compte d'un tel critère de sulfates, le pH de tous les lacs pourrait être ramené au dessus de 5,5. Ce scénario constituerait le choix idéal pour la protection des eaux de surface. Toutefois, les coûts associés au respect d'une telle norme pourraient s'avérer élevés.

Tableau IV.3 Effet de l'application d'une norme de sulfates dans les précipitations sur l'acidité des lacs de la région hydrographique de l'Outaouais.

	pH à maintenir = 5,5				pH à maintenir = 6,0			
	ACTUEL 56(28)[1]	NORME 40(20)	NORME 30(15)	NORME 20(10)	ACTUEL 56(28)[1]	NORME 40(20)	NORME 30(15)	NORME 20(10)
- POURCENTAGE DE LACS DONT LE SEUIL CRITIQUE EST DÉPASSÉ	22,1	8,2	1,9	0	63,1	39,7	10,7	3,5
- NOMBRE DE LACS ÉCHANTILLONNÉS DONT LE SEUIL CRITIQUE EST ACTUELLEMENT DÉPASSÉ	70	26	6	0	200	126	34	11
- ESTIMATION DU NOMBRE DE LACS DE LA RÉGION DE L'OUTAOUAIS DONT LE SEUIL CRITIQUE EST DÉPASSÉ[2]								
- 10 À 2 000 ha (7 253)[3]	1 603	595	138	0	4 577	2 879	776	254
- ENSEMBLE DES LACS (33 080)[3]	7 311	2 713	629	0	20 873	13 133	3 540	1158
- AMÉLIORATION[2]								
- - POURCENTAGE DE LACS RÉCUPÉRÉS	-	62,9	91,4	100,0	-	37,1	83,0	94,5

[1] Concentration maximale de sulfates (µeq/L) - entre parenthèses: dépôt maximal de sulfates (kg/ha/an)
[2] Estimation faite par l'entremise du modèle SIGMA/SLAM
[3] Lacs exclusivement situés en zone sensible

Une norme optimale de sulfates dans les précipitations doit permettre de maximiser la protection des écosystèmes aquatiques et terrestres tout en minimisant les coûts potentiels associés à sa mise en application. Dans le cas des lacs de la région de l'Outaouais, nous examinons deux scénarios. Le premier permettrait la considération d'une norme de dix kg/ha/an (20 µeq/L). Une telle norme permettrait de maintenir le pH de tous les lacs au-dessus de 5,5 et de maintenir le pH de plus de 95 pour cent des lacs au-dessus de 6,0. Le deuxième scénario devrait être moins exigeant économiquement, mais représente une moins bonne protection pour l'environnement. Il implique la considération d'une norme de 15 kg/ha/an (30 µeq/L) qui permettrait de maintenir un pH minimal de 5,5 dans 98,1 pour cent des cas ainsi qu'un pH minimal de 6,0 dans 89,3 pour cent des situations.

L'examen de la figure IV.2 montre que le deuxième scénario (norme de 30 µeq/L ou 15 kg/ha/an) permettrait le plus grand pourcentage d'amélioration par rapport à l'effort de réduction, du fait que la pente de la courbe associée à un pH de 6,0 est plus abrupte entre 15 et 20 kg/ha/an. La considération d'une norme plus sévère que 15 kg/ha/an impliquerait un plus grand effort de réduction des émissions de SO_2 par rapport au nombre de lacs potentiellement récupérables (pente plus faible).

La norme de 15 kg/ha/an (pour une précipitation annuelle de 1 000 mm) ou de 30 µeq/L de sulfates dans les précipitations s'avère donc le choix optimal au niveau du rapport pourcentage de récupération de lacs versus bénéfices environnementaux en permettant une amélioration très nette de la qualité de l'eau des lacs en ce qui a trait à la protection des communautés piscicoles. Une norme similaire fut proposée par Dickson (1986), citée dans Henriksen et al. (1987). Ce dernier suggère une norme de 30 keq/km^2/an (14,4 kg/ha/an) de sulfates dans les dépôts humides pour les lacs de la Suède situés sur des tills glaciaires. Une telle norme serait valable pour des lacs ayant une concentration de Ca + Mg variant entre 50 et 160 µeq/L. De telles conditions sont communes dans les lacs sensibles de l'Outaouais.

Le respect d'une norme de 15 kg/ha/an (30 µeq/L) implique que les concentrations maximales de sulfates actuellement observées dans les précipitations soient réduites de 46 pour cent (28 à 15 kg/ha/an). Il serait donc

probable que cette norme puisse être atteinte dans la mesure où tous les paliers gouvernementaux légifèrent pour une réduction de 50 pour cent des émissions.

Bien que ce document mette en relief le rapport effort/bénéfice de récupération associé à la norme de 15 kg/ha/an (30 µeq/L), le choix définitif d'une norme à respecter dépendra nécessairement de la nature des lacs à protéger. Il est possible qu'une norme plus faible que celle présentée précédemment s'impose, et ce, malgré un effort/bénéfice de récupération plus grand. Cette décision dépendra de la valeur socio-économique qui sera attribuée aux ressources lacustres.

V. CONCLUSION

La région hydrographique de l'Outaouais constitue la première phase du programme de surveillance spatiale de la qualité des eaux de surface du Québec. Dans le présent document, l'étude de la qualité de l'eau a été réalisée sur un échantillon de 317 lacs en mettant l'emphase sur l'impact de l'acidification. L'étude a été réalisée dans le but d'interpoler la qualité de l'eau à l'ensemble des lacs de la région sensible appartenant à la classe de superficie 10-2 000 hectares et d'estimer précisément certains paramètres statistiques nécessaires pour la détection d'une modification éventuelle de la qualité de l'eau à la suite des futures réductions des émissions en SO_2.

Parmi les 8 811 lacs de superficie 10-2 000 hectares inventoriés dans la région hydrographique de l'Outaouais, 7 253 (82,3 pour cent) reposent sur des sols ayant une faible capacité de neutralisation des apports acides. Cette valeur, étendue à l'ensemble des 40 180 lacs recensés dans la région, permet d'estimer à 33 080 le nombre total de lacs reposant sur des substrats à faible capacité de neutralisation de la charge acide. L'échantillonnage des lacs sensibles a été réalisée au moyen d'une technique d'échantillonnage aléatoire simple.

Du point de vue de l'acidité des eaux lacustres, 23,3 pour cent des lacs sensibles (1 690 sur 7 253) de l'Outaouais, dont la superficie est comprise entre dix et 2 000 hectares, présenteraient un pH inférieur ou égal à 5,5. Ceci implique que ces lacs sont potentiellement exposés à des dommages biologiques pouvant aller de la baisse de diversité des espèces piscicoles à la disparition des populations de poissons. Par ailleurs, 62,5 pour cent des lacs vulnérables de la région de l'Outaouais, appartenant à cette classe de superficie (4 533 sur 7 253), présenteraient un pH égal ou inférieur à 6,0. Selon la litérature, certains effets néfastes sur les espèces piscicoles ont été observés à de tels pH.

En faisant l'hypothèse que la qualité de l'eau observée sur les 317 lacs échantillonnés est représentative de celle de l'ensemble des 33 080 lacs situés en zone sensible de la région de l'Outaouais, il est possible d'éva-

luer l'état actuel des dommages causés par l'acidité. Ainsi, 7 708 et 20 873 plans d'eau de la région de l'Outaouais ne pourraient actuellement soutenir des pH inférieurs ou égaux à 5,5 et 6,0 respectivement. Ces valeurs constitueraient des estimations minimales. Le nombre réel de lacs affectés par l'acidité est probablement plus grand du fait que les lacs de superficie inférieure à dix hectares, lesquels représentent la majorité des plans d'eau de la région, sont généralement considérés plus sensibles aux apports acides. Or pour un dépôt acide donné, une plus grande sensibilité se traduit généralement par une acidité accrue.

Selon les résultats du modèle de gestion des milieux acides, les lacs de la région hydrographique de l'Outaouais auraient subi une acidification moyenne de 0,75 $\pm$ 0,34 unité de pH par les seules retombées atmosphériques de sulfates. Cette baisse de pH va de zéro dans les lacs aux eaux les plus minéralisées à 2,0 unités dans les lacs les plus sensibles ou affectés par les retombées acides. En termes relatifs, 77,0 et 21,5 pour cent des lacs inventoriés auraient subi une acidification respective de 0,5 et 1,0 unité de pH.

L'alcalinité bicarbonate présente un portrait similaire au pH. Ainsi, 43,2 pour cent des lacs sensibles de l'Outaouais présenteraient une valeur d'alcalinité inférieure ou égale à 2 mg/L (40 µeq/L). Cette valeur est le signe d'une sensibilité extrême des eaux de surface à l'acidification. La littérature fait également mention qu'une alcalinité inférieure à 10 mg/L (200 µeq/L) traduit un milieu très sensible à l'acidification. Dans l'Outaouais, 92,1 pour cent de tous les lacs inventoriés répondent à ce critère.

Les eaux de surface des lacs vulnérables de la région de l'Outaouais présentent donc un niveau d'acidité relativement élevé. Ceci est particulièrement vrai pour les lacs situés dans la région du Témiscamingue au sud et au sud-est de Rouyn-Noranda. La région comprise entre le réservoir Baskatong et la bordure sud du bassin, ainsi que la région au nord de Ville-Marie font toutefois exception à cette règle. Ces régions constituent des enclaves où plus de 7 000 lacs présentent des conditions plus alcalines en raison de la nature des sédiments de surface des bassins versants.

Les eaux lacustres de la région de l'Outaouais sont généralement peu minéralisées. En fait, parmi les 7 253 lacs inventoriés dans la classe 10-2 000 hectares, 70,7 pour cent des lacs (5 128) sont caractérisés par une concentration de calcium + magnésium inférieure à 200 µeq/L. Cette concentration est d'ailleurs le signe d'une grande sensibilité à l'acidification. Les lacs peu minéralisés se rencontrent un peu partout sur le bassin contrairement aux lacs alcalins qui sont surtout concentrés près des zones non-sensibles ou près de la bordure sud du bassin.

Les retombées acides (H_2SO_4 et HNO_3) sont les principaux précurseurs de l'acidité des lacs. Les sulfates d'origine naturelle et les acides organiques contribuent également à l'acidité des eaux de surface mais dans une moindre mesure. En réalité, l'effet des apports atmosphériques acides se superpose à l'acidité naturelle du milieu pour créer les conditions actuelles de pH. Parmi les polluants aéroportés acides, les sulfates apparaissent comme étant les principaux responsables de l'acidification puisqu'on peut les relier directement à l'acidité du milieu. Les retombées de nitrates sont également importantes, mais n'ont pu être reliées aux concentrations observées dans les eaux lacustres.

Les concentrations en sulfates dans les lacs de l'Outaouais varient de 2 à 10 mg/L avec une valeur moyenne de 5,6 mg/L, les valeurs les plus élevées étant observées au sud, au sud-ouest et à l'ouest du bassin près de la rivière des Outaouais, ainsi qu'à proximité de Rouyn-Noranda. D'ailleurs, la distribution spatiale de ces valeurs s'apparente étroitement aux concentrations moyennes annuelles de sulfates pondérées par la hauteur de précipitation.

Les sulfates représentent l'anion dominant dans 77,9 pour cent des lacs dont la superficie est comprise entre dix et 2 000 hectares (5 650 sur 7 253). Ce résultat démontre bien l'influence des retombées acides, du fait que l'anion bicarbonate (ou l'anion organique pour un lac coloré) devrait prédominer largement dans un lac non affecté par les apports de polluants atmosphériques acides où la contribution naturelle des sulfates est minime. Cette contribution naturelle en SO_4^{2-} n'est pas responsable de la dominance de l'anion sulfate dans tous ces lacs. L'application d'un modèle empirique a

permis d'estimer cette contribution naturelle à 30 ou 40 pour cent de la concentration totale, le reste étant dû aux apports atmosphériques. Les contributions naturelles de sulfates les plus élevées sont surtout observées dans les lacs très minéralisés du sud de la région hydrographique.

La contribution moyenne des sulfates à l'acidité des lacs de la région de l'Outaouais serait de 69,5 $\pm$ 12,1 pour cent, cette contribution allant de 28,9 pour cent dans les lacs les plus organiques à 98,3 pour cent dans les lacs les plus affectés par les retombées acides.

Le rapport bicarbonate/sulfate et l'application du modèle de Kramer et Tessier confirment tous deux l'importance des sulfates au niveau de la qualité de l'eau des lacs de l'Outaouais. En règle générale, un lac non affecté par les retombées de sulfates devrait présenter un rapport HCO_3^-/SO_4^{2-} supérieur à l'unité. Ce n'est pas le cas pour les lacs de l'Outaouais puisque 84 pour cent de ceux-ci présentent un rapport inférieur à 1,0. D'autre part, l'application du modèle SIGMA/SLAM montre que plus de 35 pour cent des lacs auraient subi une acidification supérieure à 0,7 unité de pH, par la seule action d'acides forts tel l'acide sulfurique.

La distribution spatiale des matières organiques est relativement homogène sur le bassin. Il existe toutefois deux zones de lacs peu colorés. La première correspond à la zone de lacs acides de faible minéralisation. Dans ce cas, il s'agit probablement de lacs acides "clairs" typiques. Une deuxième zone de lacs peu colorés s'identifie aux lacs fortement minéralisés où les faibles niveaux de couleur et de carbone organique dissous pourraient être liés à la précipitation du carbonate de calcium.

La superficie du lac n'a pas d'influence significative sur la qualité des eaux de surface. Il est toutefois possible que les petits lacs peu profonds soient plus affectés par l'anoxie. D'autre part, l'ordre hydrologique des lacs semblerait avoir une certaine influence sur la qualité des eaux puisque de 26 à 67 pour cent des lacs ont été correctement classés par analyse discriminante en tenant compte de la seule physico-chimie. De même, les sulfates et le niveau de minéralisation décroissent avec l'altitude. La baisse de sulfates est due à l'éloignement des sources d'émission de SO_2 tan-

dis que la baisse de conductivité est probablement due à l'amincissement des sols qui survient généralement avec l'accroissement de l'altitude.

L'application du modèle de gestion SIGMA/SLAM aux 317 lacs échantillonnés dans la région de l'Outaouais a permis d'expliquer 77 pour cent de la variabilité du pH. Ce modèle a également permis de déterminer que les apports atmosphériques de sulfates excédaient dans 63,1 pour cent des cas le seuil critique en SO_4^{2-} requis pour le maintien d'un pH de 6,0 unités. Ce pourcentage correspond à 4 577 des 7 253 lacs inventoriés ayant une superficie allant de 10 à 2 000 hectares. En faisant l'hypothèse d'une qualité d'eau comparable pour tous les lacs de la région, le seuil critique de sulfates serait dépassé pour au moins 20 873 des 33 080 lacs potentiellement sensibles.

Le seuil critique de SO_4^{2-} était également dépassé dans 22,1 pour cent des cas, en considérant un pH de 5,5. Ce pourcentage représente 1 603 des 7 253 lacs inventoriés ayant une superficie variant entre dix et 2 000 hectares. Comme précédemment, en faisant l'hypothèse d'une qualité d'eau comparable pour tous les lacs de la région, au moins 7 311 des 33 080 lacs potentiellement sensibles présenteraient un dépassement du seuil critique en sulfates.

Le modèle de gestion permet également de montrer que des réductions de 10 à 50 pour cent des concentrations de sulfates d'origine atmosphérique permettraient de récupérer respectivement 17,9 à 94,3 pour cent des lacs dont le seuil critique de SO_4^{2-} requis pour le maintien d'un pH de 6,0 est actuellement dépassé. La réduction de 50 pour cent des concentrations moyennes annuelles de sulfates pondérées par la hauteur de précipitation exigerait que les concentrations maximales, observées actuellement sur la région hydrographique de l'Outaouais, soient ramenées du maximum actuellement observé de 28 kg/ha/an (56 µeq/L) à 14 kg/ha/an (28 µeq/L). D'autre part, la réduction de 50 pour cent des teneurs de sulfates d'origine aéroportée, assortie du maintien d'un pH minimal de 5,5, permettrait de récupérer la presque totalité des lacs actuellement affectés.

Une hausse de 10 et 20 pour cent des concentrations de sulfates d'origine atmosphérique ferait passer le pourcentage de lacs affectés de 63,1 à 75,4 et 83,6 pour cent respectivement en considérant un pH minimal de 6,0, et de 22,1 à 42,9 et 54,9 pour cent respectivement en considérant un pH minimal de 5,5.

Selon le modèle SIGMA/SLAM, une norme de 15 kg/ha/an (pour une précipitation annuelle de 1 000 mm) ou de 30 µeq/L de sulfates dans les précipitations serait préférable à la norme de 20 kg/ha/an actuellement proposée pour la protection des écosystèmes aquatiques modérément sensibles. En fait, la norme de 15 kg/ha/an permettrait de récupérer 83,0 pour cent des lacs qui ne peuvent actuellement maintenir un pH de 6,0, comparativement à 37,1 pour la norme de 20 kg/ha/an. De même, la norme de 15 kg/ha/an permettrait de récupérer 91,4 pour cent des lacs qui ne peuvent actuellement maintenir un pH de 5,5, comparativement à 62,9 pour cent avec la norme de 20 kg/ha/an.

L'adoption d'une norme de 15 kg/ha/an (30 µeq/L) impliquerait une réduction de 46 pour cent des apports maximums actuels de sulfates sur les lacs de la région de l'Outaouais (28 à 15 kg/ha/an: 56 à 30 µeq/L). Cette réduction est possible dans la mesure où il pourrait y avoir une réduction globale de 50 pour cent de toutes les émissions de SO_2.

Une norme inférieure à 15 kg/ha/an (30 µeq/L) permettrait de récupérer un nombre plus grand de lacs affectés. Une telle éventualité impliquerait la récupération d'un plus petit nombre de lacs par rapport à un effort de réduction beaucoup plus considérable.

RÉFÉRENCES

ALTSHULLER, A.P., et G.A. McBEAN. 1980. Deuxième rapport du Groupe consultatif de recherche États-Unis - Canada sur le transport à longue distance de polluants atmosphériques, Environnement Canada, 46 pages.

AVRAMTCHEV, L., et P. MARCOUX. 1980. Carte géologique du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, rapport N° DP-0735.

BOBÉE, B., Y. GRIMARD, M. LACHANCE, et A. TESSIER. 1982. Nature et étendue de l'acidification des lacs du Québec, ministère de l'Environnement du Québec, rapport N° PA-1, 210 pages.

BROSSET, C. 1979. "Factors influencing pH in lake water", dans Water, Air and Soil Pollution, 11: 57-61.

CAMPBELL, P.G.C., D. THOMASSIN, et A. TESSIER. 1986. "Aluminium speciation in running waters on the canadian pre-cambrian shield: Kinetics aspects", dans Water, Air and Soil Pollution, 30: 1023-1032.

CLAYTON, J.S., W.A. EHRLICH, D.B. CANN, J.H. DAY, et I.B. MARSHALL. 1978. Soils of Canada, Research Branch, Department of agriculture, 2 volumes, 2 cartes.

COCHRAN, W.G. 1977. Sampling techniques, third edition, John Wiley and Sons, Toronto, 428 pages.

CRONAN, C.S., W.J. WALKER, et P.R. BLOOM. 1986. "Predicting aqueous aluminium concentrations in natural waters", dans Nature, 324: 140-143.

DICKSON, W.W. 1986. "Some data on critical loads for sulfur on surface waters", dans J. Nilsson [ed.], Critical loads for sulphur and nitrogen, report from a nordic working group, Nordisk Ministerad, Miljo rapport 1986: 11, 232 pages.

DICKSON, W.W. 1975. The acidification of Swedish lakes, Institute of Freshwater Research, Drottningholm, Sweden, report No. 54, pages 8-20.

DUPONT, J. 1986a. Évolution spatiale et temporelle de l'acidité de 14 lacs de la région de Portneuf pour la période 1982-1983, ministère de l'Environnement du Québec, Direction des relevés aquatiques, rapport N° PA-21, 97 pages.

DUPONT, J. 1986b. Réseau québecois de surveillance de la qualité des eaux de surface: protocole d'échantillonnage et description de projet, ministère de l'Environnement du Québec, Direction des relevés aquatiques, rapport interne N° 86-01, 27 pages.

DUPONT, J. 1985a. Étude de la variabilité spatiale de la physico-chimie des lacs de la région de l'Outaouais en relation avec les précipitations acides, ministère de l'Environnement du Québec, Direction des relevés aquatiques, rapport N° PA-17, 112 pages.

DUPONT, J. 1985b. Étude de la physico-chimie de 22 lacs du Parc de la Vérendrye en rapport avec les processus d'acidification des eaux lacustres, ministère de l'Environnement du Québec, Direction des relevés aquatiques, rapport N^{O} PA-13, 74 pages.

DUPONT, J. 1984a. Nature et étendue de l'acidification de 64 lacs de la région de Rouyn-Noranda, ministère de l'Environnement du Québec, Service de la qualité des eaux, rapport N^{O} PA-9, 152 pages.

DUPONT, J. 1984b. Nature et étendue de l'acidification de 97 lacs de la région de Portneuf, ministère de l'Environnement du Québec, Service de la qualité des eaux, rapport N^{O} PA-10, 113 pages.

DUPONT, J., et Y. GRIMARD. 1987. SIGMA/SLAM: Modèle de gestion des milieux acides, ministère de l'Environnement du Québec, Direction de la qualité du milieu aquatique, rapport N^{O} PA-27, 76 pages.

DUPONT, J., et Y. GRIMARD. 1986. "Systematic study of lake water acidity in Québec", dans Water, Air and Soil Pollution, 31(1-2): 223-230.

EFFLER, S.W., H. GREER, M.G. PERKINS, S.D. FIELD, et E. MILLS. 1986. "Calcium carbonate precipitation and transparency in lakes: A case study", dans Journal of Environmental Engineering, 113(1): 124-133.

ENVIRONNEMENT CANADA. 1980. Inventaire national des sources naturelles et des émissions de composés de soufre, Direction générale de l'assainissement de l'air, Service de la protection de l'Environnement, rapport EPS-3-AP-79-2F, 80 pages.

EPA. 1985. National surface water survey: Eastern Lake Survey phase I - Synoptic chemistry, United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington D.C.

FRENETTE, J.J. 1987. Étude du niveau d'acidité de 39 lacs du Témiscamingue, ministère de l'Environnement du Québec, Direction des relevés aquatiques, rapport N^{O} PA-24, 78 pages.

FRENETTE, J.J. 1986. Effet de l'acidité sur les communautés itchyologiques de 17 lacs du Témiscamingue, ministère de l'Environnement du Québec, Direction des relevés aquatiques, rapport N^{O} PA-23, 102 pages.

FRONTIER, S. 1983. Stratégies d'échantillonnage en écologie, Masson, Les Presses de l'Université Laval, Québec, 494 pages.

GILBERT, R.O. 1987. Statistical methods for environmental pollution monitoring, Van Nostrand Reinhold Company Inc., New York, 320 pages.

GRENNFELT, P., et H. HULTBERG. 1986. Effects of nitrogen deposition on the acidification of terrestrial and aquatic ecosystems, dans Water, Air and Soil Pollution, 30: 945-963.

HAEMMERLI, J. 1986. Évaluation de la conception du réseau TADPA - Québec, Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, Région de Québec, 190 pages.

HAINES, T.A., et J.P. BAKER. 1986. "Evidence of fish population responses to acidification in the Eastern United States", dans Water, Air and Soil Research, 31: 605-609.

HARVEY, H.H., R.C. PIERCE, P.J. DILLON, J.R. KRAMER, et D.M. WHELPDALE. 1981. Acidification in the Canadian aquatic environment - Scientific criteria for assessing the effects of acidic deposition on aquatic ecosystems, Publication NRCC No. 18475, 369 pages.

HENRIKSEN, A., W.W. DICKSON, et D.F. BRAKKE. "Estimates of critical loads for sulphur to surface waters", p. 87-120, dans J. Nilsson [ed.], Critical loads for sulphur and nitrogen, Report from a Nordic working group, Nordisk ministerad, Miljo rapport 1986: 11, 232 pages.

JACQUES, G., et Y. GRIMARD. 1987. Réseau d'échantillonnage des précipitations acides: Sommaire des données de la qualité des précipitations 1985, Ministère de l'Environnement du Québec, rapport N^{O} PA-26, 73 pages.

JEFFRIES, D.S., R.G. SEMKIN, R. NEUREUTHER, M. SEYMOUR, et J.A. NICOLSON. 1986. "Influence of atmospheric deposition on lake mass balances in the Turkey lakes watershed, Central Ontario", dans Water, Air and Soil Pollution, 30: 1033-1044.

JOHNSON, D.W. 1981. "The natural acidity of some unpolluted waters in southeastern Alaska and potential impacts of acid rain", dans Water, Air and Soil Pollution, 16: 243-252.

JONES, M.L., D.R. MARMOREK, B.S. REUBER, P.J McNAMEE, et L.P. RATTIE. 1986. "Brown waters": Relative importance of external and internal sources of acidification on catchment biota - Review of existing knowledge, ESSA Environmental and Social Systems Analysts Ltd. for Environment Canada, LRTAP Workshop No. 5, 85 pages.

KANCIRUK, P., J.M. EILERS, R.A. McCORD, D.H. LANDERS, D.F. BRAKKE, et R.A. LINTHURST. 1986. Characteristics of lakes in the Eastern United States - Vol. III: Data compendium of sites characteristics and chemical variables, United States Environmental Protection Agency, Washington D.C., report No. EPA-600/4-86-007C, 439 pages.

KELSO, J.R.M., C.K. MINNS, J.E. GRAY, et M.L. JONES. 1986. "Acidification of surface waters in Eastern Canada and its relationship to aquatic biota", dans Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, Specific publication No. 87.

KRAMER, J. et A. TESSIER. 1982. "Acidification of aquatic systems: A critique of chemical approaches", dans Environmental Science and Technology, 16(11): 606-615.

LANGLOIS, C., Y. VIGNEAULT, L. DÉSILETS, A. NADEAU, et M. LACHANCE. 1983. Évaluation de l'acidification sur la physico-chimie et la biologie des lacs du bouclier canadien (Québec), ministère des Pêches et des Océans, Direction de la Recherche sur les pêches, Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques N^{O} 1233, 129 pages.

LANGLOIS, C., A. LEMAY, J. OUZILLEAU, et Y. VIGNEAULT. 1985. Qualité physico-chimique de 251 lacs du bouclier canadien (Québec), Ministère des Pêches et des Océans, Direction de la recherche sur les pêches, Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques N^{O} 1792, 63 pages.

LEGENDRE, L., et P. LEGENDRE. 1984. Écologie numérique: 1. Le traitement multiple des données écologiques, 2^{e} édition, Masson, Les Presses de l'Université du Québec, Québec, Canada, 260 pages.

LINTHURST, R.A., D.H. LANDERS, J.M. EILERS, P.E. KELLAR, D.F. BRAKKE, W.S. OVERTON, R. CROWE, E.P. MEIER, P. KANCIRUK, et D.S. JEFFRIES. 1986a. "Regional chemical characteristics of lakes in North America, part II: Eastern United States", dans Water, Air and Soil Pollution, 31: 577-591.

LINTHURST, R.A., D.H. LANDERS, J.M. EILERS, D.F. BRAKKE, W.S. OVERTON, E.P. MEIER, et R.E. CROWE. 1986b. Characteristics of lakes in the Eastern United States - Vol. I: Population descriptions and physico-chemical relationships, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C., report No. EPA-600/4-86-007A, 275 pages.

MAR, B.W., R.R. HORNER, J.S. RICHEY, R.N. PALMER, et D.P. LETTENMAIER. 1986. "Data acquisition", dans Environmental Science and Technology, 20: 545-551.

MARTIN, H.C., et T.G. BRYDGES. 1986. "Stress factors: Trends and recovery", page 125-140, Schneider, T. [ed.], Dans Acidification and its policy implication, Elsevier Science Publication B.V., Amsterdam, Netherlands, 513 pages.

NEWCOMBE, C.P. 1985. "Acid deposition in aquatic ecosystems: Setting limits empirically", dans Environmental Management, 9(4): 277-288.

OLIVER, B.G., E.M. THURMAN, et R.L. MALCOM. 1983. "The contribution of humic substances to the acidity of colored natural waters", dans Geochimica et Cosmoschimica Acta, 47: 2031-2035.

OVERTON, W.S., P. KANCIRUK, L.A. HOOK, J.M. EILERS, D.H. LANDERS, D.F. BRAKKE, D.J. BLICK jr, R.A. LINTHURST, M.D. DEHAAN, et J.M. OMERNIK. 1986. Characteristics of lakes in the Eastern United States - Vol. II: Lakes sampled and descriptive statistics for physical and chemical variables, United States Environmental Protection Agency, Washington D.C., report No. EPA-600/4-86-007B, 374 pages.

PATIL, G.P., W. LIGGETT, F. RAMSEY, et W.K. SMITH. 1985. "Aquatic research review report", dans The American Statistician, 39(4): 254-259.

POLLOCK, D.W.T. 1957. Rapport préliminaire sur la région de Preston-Gagnon, Districts électoraux de Papineau et de Labelle, ministère des Mines du Québec, Service de la carte géologique, rapport préliminaire N^{O} 334, 6 pages, 1 carte.

POLLOCK, D.W.T. 1956. Rapport préliminaire sur la région d'Addington-Labelle, comté de Papineau et de Labelle, ministère des Mines du Québec, Service de la carte géologique, rapport préliminaire N^{O} 321, 5 pages, 1 carte.

RICHARD, Y. 1986. Niveau d'acidité de 54 lacs de la région de Charlevoix, ZEC des Martres, Québec, ministère de l'Environnement du Québec, Direction des relevés aquatiques, rapport N^{O} PA-18, 96 pages.

RICHARD, Y. 1985. Influence du niveau d'acidité des milieux lacustres sur la faune ichtyologique de la région de Portneuf, Québec, ministère de l'Environnement du Québec, Direction des relevés aquatiques, publication N^{O} PA-15, 197 pages.

RICHARD, Y. 1982. Relation entre le niveau d'acidité de 158 lacs du Parc des Laurentides et l'évolution de leurs statistiques de pêche au cours des neuf dernières années, ministère de l'Environnement du Québec, Service de la qualité des eaux, rapport N^{O} PA-5, 115 pages.

ROHLF, F.J., et R.R. SOKAL. 1969. Statistical tables, W.H. Freeman and Company, San Francisco, 253 pages.

SANDERS, T.G., R.C. WARD, J.C. LOFTIS, T.D. STEELE, D.D. ADRIAN, et V. YEVJEVICH. 1983. Design of networks for monitoring water quality, Water Resources Publications, Littleton, Colorado, 328 pages.

SCHINDLER, D.W., K.H. MILLS, D.F. MALLEY, D.L. FINDLAY, J.A. SHEARER, I.J. DAVIES, M.A. TURNER, G.A. LINSEY, et D.R. CRUIKSHANK. 1985. "Long-term ecosystem stress: The effects of years of experimental acidification on a small lake", dans Science 228: 1395-1401.

SHILTS, W.W., K.D. CARD, W.H. POOLE, et B.V. SANDFORD. 1981. Sensibilité de la roche en place aux précipitations acides et modifications dues aux phénomènes glaciaires, Commission Géologique du Canada, étude 81-14, 7 pages, 3 cartes.

SNEDECOR, G.W., et W.G. COCHRAN. 1957. Méthodes statistiques, 6^{e} édition, Association de coordination technique agricole, Paris, 649 pages.

TALBOT, L., J. DUPONT, J.J. FRENETTE, Y. GRIMARD, G. JACQUES, et Y. RICHARD. 1984. Les précipitations acides au Québec et leurs effets sur le milieu aquatique, ministère de l'Environnement du Québec, 32 pages.

TREMBLAY, G. 1974. Géologie du quaternaire, région de Rouyn-Noranda et d'Abitibi, ministère des Richesses naturelles, rapport DP-0236, 87 pages, 12 cartes.

WRIGHT, R.F. 1983. Predicting acidification of North American lakes, Norwegian Institute for Water Research (NIVA), 165 pages.

ANNEXE 1

LISTE DES STATIONS ÉCHANTILLONNÉES DANS LA RÉGION DE L'OUTAOUAIS ET PRÉSENTATION DES DONNÉES BRUTES

ANNEXE 1

DESCRIPTION DES PARAMÈTRES

#	: Numéro (1-317)
NOSEQ	: Numéro d'identification des lacs (1-337)
NOM	: Nom du lac (numéro MRN lorsque le lac n'a pas de nom officiel sur les cartes topographiques. C'est un numéro d'identification en vigueur au ministère de l'Environnement du Québec)
COORD-EST	: Coordonnée de longitude ouest (degré - minute - seconde)
COORD-NOR	: Coordonnée de latitude nord (degré - minute - seconde)
ALT	: Altitude du lac (mètres)
SURF	: Superficie du lac (hectares)
pH	: pH mesuré en laboratoire (unité)
ALC	: Alcalinité bicarbonate (mg/L $CaCO_3$)
COU	: Couleur vraie (unités Hazen)
SO_4	: Sulfates (mg/L SO_4^{2-})
NO_x	: Nitrates et nitrites (mg/L N)
NH_4	: Azote ammoniacal (mg/L N)
Cl	: Chlorures (mg/L Cl)
COND	: Conductivité mesurée en laboratoire (µS/cm)
CID	: Carbone inorganique dissous (mg/L C)
COD	: Carbone organique dissous (mg/L C)
Ca	: Calcium extractible (mg/L Ca)
Mg	: Magnésium extractible (mg/L Mg)
Na	: Sodium extractible (mg/L Na)
K	: Potassium extractible (mg/L K)
Fe	: Fer extractible (mg/L Fe)
Mn	: Manganèse extractible (mg/L Mn)
Al	: Aluminium filtré (mg/L Al)

# NOSEQ		NOM DU LAC	COORD-EST	COORD-NOR	ALT	SURF	pH	ALC	COU	SO_4	NOx	NH4	Cl	COND	CID	COD	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Al
1	1	Siamois	76°48'40"	45°58'48"	226	78	6,9	16,5	5	8,0	0,06	0,02	0,5	54,0	4,6	3,2	8,0	1,0	0,7	0,5	0,03	0,02	0,01
2	2	Grenville	74°31'30"	45°44'01"	282	9	6,3	37,8	34	7,0	0,15	0,05	0,8	39,5	3,0	7,4	4,5	1,3	0,7	0,4	0,12	0,01	0,07
3	3	Raymond	75°12'39"	45°44'25"	232	16	6,5	1,4	10	8,0	0,11	0,01	0,6	46,2	3,4	3,4	6,5	0,8	0,5	0,5	0,03	0,02	0,01
4	4	Courrier	74°46'36"	45°47'25"	180	10	6,5	19,4	9	8,5	0,19	0,03	1,4	66,0	6,0	3,6	8,6	1,4	1,1	0,6	0,11	0,02	0,01
5	5	du Brochet	74°52'13"	45°59'13"	226	8	6,9	31,0	7	9,0	0,14	0,01	2,0	94,0	8,8	1,4	12,2	2,0	1,9	1,2	0,25	0,07	0,01
6	6	Théodore	74°26'42"	45°50'47"	312	14	6,5	7,4	22	6,5	0,21	0,05	1,1	38,5	2,6	5,2	4,7	0,9	1,0	0,4	0,12	0,02	0,05
7	7	MRN-57539	74°14'24"	45°46'26"	282	14	6,4	7,8	23	7,5	0,18	0,04	5,5	57,0	2,4	4,8	4,8	0,9	3,5	0,4	0,22	0,05	0,04
8	8	Purvis	74°05'23"	45°59'30"	347	18	7,0	17,0	2	8,0	0,04	0,05	9,0	86,0	4,4	2,2	7,4	1,8	5,4	0,4	0,02	0,01	0,01
9	9	Berval	74°31'14"	46°01'29"	317	26	6,2	3,8	7	7,5	0,07	0,04	0,5	29,2	1,4	3,2	3,3	0,7	0,7	0,4	0,04	0,03	0,02
10	10	d'Argent	74°40'54"	46°08'03"	302	8	6,7	13,0	2	8,0	0,08	0,01	0,6	46,7	3,8	2,2	6,0	0,7	0,7	0,2	0,01	0,01	0,01
11	11	Dufour	74°38'06"	46°07'44"	332	18	6,5	6,3	8	6,5	0,03	0,01	3,6	43,0	2,0	3,4	4,1	0,7	2,3	0,5	0,08	0,03	0,01
12	12	Long	74°46'21"	46°13'35"	302	8	6,7	17,0	10	8,5	0,04	0,02	0,6	56,0	5,2	4,2	8,7	0,9	0,4	0,4	0,02	0,01	0,01
13	13	MRN-60148	74°45'08"	46°13'57"	259	13	5,7	3,6	17	4,0	0,01	0,20	0,5	20,7	3,2	3,8	1,8	0,4	0,5	0,3	0,49	0,06	0,05
14	14	Manitou	74°57'31"	46°05'52"	271	80	6,8	13,0	11	7,5	0,04	0,10	0,7	49,2	3,4	5,4	6,7	1,0	0,7	0,7	0,04	0,01	0,01
15	15	Hulot	74°55'51"	46°04'20"	282	42	6,6	25,0	19	6,0	0,03	0,66	1,0	71,0	7,2	7,4	8,1	1,1	0,8	1,3	0,12	0,08	0,01
16	16	Inconnu	74°47'58"	46°27'21"	302	10	5,5	1,5	34	6,0	0,07	0,06	0,6	23,5	1,2	6,8	2,3	0,5	0,6	0,5	0,22	0,03	0,11
17	17	Cloche	74°50'14"	46°27'08"	271	16	5,9	3,6	49	6,0	0,13	0,03	0,7	28,0	1,8	8,2	3,1	0,8	0,7	0,5	0,38	0,03	0,11
18	18	Diamant	74°54'02"	46°17'37"	302	21	6,6	6,8	3	7,0	0,05	0,03	0,6	34,2	2,0	3,0	3,6	0,8	0,8	0,8	0,02	0,01	0,01
19	19	Clair	74°35'35"	46°22'44"	530	21	5,6	1,1	9	6,0	0,13	0,04	0,4	21,0	0,6	3,0	1,8	0,4	0,6	0,3	0,10	0,04	0,07
20	20	Petit lac Caché	74°39'46"	46°19'33"	287	16	6,6	5,3	13	7,5	0,19	0,05	0,5	34,0	1,4	3,4	3,8	0,7	0,8	0,4	0,14	0,02	0,04
21	21	Pékan	74°24'08"	46°20'17"	591	16	5,5	1,2	13	6,5	0,09	0,08	0,4	22,5	1,0	3,0	1,7	0,5	0,7	0,3	0,22	0,05	0,11
22	22	Ernie	74°28'43"	46°23'14"	454	23	6,1	2,5	6	6,5	0,05	0,06	0,4	24,0	1,2	2,4	2,5	0,5	0,5	0,3	0,12	0,04	0,06
23	23	des Dix-Milles	74°23'27"	46°26'42"	500	49	5,9	2,5	16	6,0	0,13	0,03	0,6	24,2	1,4	3,0	2,2	0,6	0,8	0,5	0,23	0,03	0,03
24	24	Castos	74°32'17"	46°42'38"	482	13	6,1	3,8	28	5,0	0,17	0,19	0,6	25,5	2,0	4,2	2,2	0,5	0,8	0,5	0,46	0,03	0,06
25	25	Georgiana	74°38'07"	46°41'04"	500	16	6,3	3,9	12	5,5	0,11	0,03	0,4	25,5	1,6	3,2	2,8	0,5	0,5	0,3	0,11	0,01	0,02
26	26	Lynch	74°44'43"	46°31'06"	271	171	6,6	5,5	22	6,5	0,12	0,04	0,6	32,5	1,6	5,6	3,8	0,8	0,6	0,4	0,13	0,03	0,06
27	27	Poe	74°43'56"	46°30'09"	271	10	5,6	2,9	72	5,0	0,11	0,10	0,7	26,7	1,8	11,6	2,8	0,8	0,6	0,5	0,28	0,04	0,11
28	28	MRN-43304	75°53'37"	46°59'25"	358	16	5,5	1,5	31	5,0	0,15	0,13	0,4	22,5	1,8	4,6	2,0	0,4	0,6	0,4	0,28	0,05	0,16
29	29	Préféré	75°01'42"	46°50'12"	408	10	6,8	14,9	33	5,5	0,18	0,06	0,6	49,0	4,2	7,4	7,4	0,9	0,8	0,6	0,18	0,02	0,10
30	30	MRN-33753	74°51'58"	46°53'44"	451	13	5,3	1,1	26	5,5	0,04	0,08	0,4	21,0	1,4	5,2	1,8	0,5	0,5	0,3	0,25	0,05	0,17
31	31	Arden	74°45'25"	46°54'56"	462	50	6,4	4,3	5	5,0	0,04	0,04	0,4	23,2	1,6	3,0	2,5	0,5	0,5	0,4	0,02	0,01	0,01
32	32	Bleury	74°46'05"	46°58'38"	454	23	6,0	3,0	14	5,0	0,06	0,03	0,4	22,5	1,6	4,0	2,2	0,4	0,9	0,4	0,11	0,03	0,01
33	33	Henri	74°48'03"	46°59'14"	546	21	5,7	1,0	11	5,0	0,03	0,04	0,4	19,0	0,8	3,8	1,8	0,3	0,6	0,3	0,09	0,03	0,06

#	NO.EQ	NOM DU LAC	COORD-EST	COORD-NOR	ALT	SURF	pH	ALC	COU	SO_4	NOx	NH_4	Cl	COND	CID	COD	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Al
34	34	Brockaby	74°55'35"	46°57'42"	439	62	6,8	10,4	16	5,5	0,10	0,02	0,5	38,5	3,0	5,0	5,6	0,8	0,5	0,5	0,04	0,01	0,04
35	35	Hawke	76°20'47"	46°13'02"	210	13	6,9	22,0	2	8,0	0,03	0,11	0,7	64,0	6,4	2,6	9,3	1,1	1,0	0,7	0,02	0,01	0,01
36	36	McLeod	76°41'53"	46°11'15"	283	34	7,4	49,0	5	6,5	0,08	0,03	0,5	114,0	12,2	4,2	20,6	0,8	0,7	0,6	0,01	0,01	0,01
37	37	Walling	76°50'50"	46°11'22"	302	18	5,9	2,9	6	6,5	0,02	0,07	0,4	25,0	2,0	3,8	2,3	0,6	0,6	0,3	0,04	0,02	0,01
38	38	Whetstone	76°56'30"	46°05'20"	226	36	7,2	48,0	5	7,0	0,06	0,01	0,5	115,0	12,8	3,8	19,2	1,8	0,7	0,7	0,01	0,01	0,01
39	39	MRN-83985	77°12'31"	46°04'27"	282	13	6,0	3,6	45	7,0	0,07	0,02	0,6	32,0	1,6	8,6	3,5	0,8	1,0	0,4	0,13	0,03	0,10
40	40	Casson	77°18'22"	46°10'44"	271	39	6,1	5,6	39	5,5	0,14	0,03	0,6	33,0	3,4	8,2	3,5	0,9	1,1	0,6	0,40	0,03	0,08
41	41	Shanty	77°19'08"	46°13'11"	302	34	6,2	4,6	6	6,5	0,02	0,13	0,3	29,5	2,2	4,2	3,1	0,7	0,8	0,3	0,04	0,02	0,01
42	42	MRN-82443	77°40'51"	46°26'03"	282	14	6,0	4,3	31	5,5	0,10	0,08	0,6	30,0	2,6	6,6	3,0	0,9	0,9	0,5	0,30	0,06	0,09
43	43	MRN-82791	77°50'28"	46°22'26"	287	20	6,1	3,6	11	7,0	0,06	0,09	0,5	30,3	2,0	4,6	3,0	0,7	0,9	0,5	0,03	0,01	0,02
44	44	Six Milles	77°59'30"	46°26'23"	375	62	6,1	2,7	27	6,5	0,08	0,07	0,5	29,0	1,2	5,4	2,4	0,6	0,8	0,5	0,23	0,02	0,08
45	45	Colton	77°10'11"	46°22'42"	268	78	6,7	7,3	5	8,5	0,03	0,02	0,4	38,2	2,2	2,6	3,8	1,1	1,2	0,6	0,17	0,01	0,01
46	46	MRN-87907	77°10'12"	46°23'29"	267	11	5,9	2,3	4	6,0	0,05	0,02	0,3	22,5	1,2	2,2	2,0	0,6	0,6	0,4	0,05	0,03	0,01
47	47	Boom	77°28'46"	46°17'07"	360	46	5,4	1,3	39	6,0	0,09	0,02	0,6	24,5	1,4	7,4	2,4	0,6	0,6	0,4	0,28	0,04	0,13
48	48	Jovette	77°23'59"	46°15'37"	332	101	5,4	1,4	23	6,0	0,04	0,05	0,4	23,7	1,2	6,2	2,2	0,5	0,6	0,4	0,20	0,04	0,09
49	49	Ivy	76°32'43"	46°22'14"	287	8	6,5	6,9	33	8,0	0,10	0,01	0,7	40,0	2,2	6,2	3,7	1,4	1,6	0,6	0,24	0,02	0,07
50	50	Jute	76°24'31"	46°28'23"	317	16	6,1	2,0	2	5,5	0,01	0,03	0,4	21,2	0,8	2,2	2,1	0,5	0,6	0,3	0,01	0,02	0,01
51	51	Doyle	76°25'41"	46°17'44"	268	70	6,1	3,1	33	6,5	0,10	0,04	0,6	29,2	1,2	6,4	3,0	0,7	1,0	0,5	0,33	0,03	0,07
52	52	Helen	76°17'26"	46°34'23"	238	16	6,9	23,5	12	7,0	0,07	0,01	0,7	67,0	6,6	4,6	9,5	1,5	1,2	0,9	0,02	0,00	0,01
53	53	Redmond	76°22'14"	46°41'27"	255	70	6,5	4,2	7	7,0	0,02	0,02	0,5	29,5	1,8	3,0	2,8	0,7	0,9	0,6	0,04	0,01	0,01
54	54	Petit du Corbeau	76°26'40"	46°44'27"	271	70	6,4	3,4	18	6,5	0,08	0,02	0,5	29,7	1,2	5,0	3,0	0,7	1,0	0,7	0,06	0,02	0,06
55	55	MRN-34385	76°30'05"	46°41'21"	372	3	6,3	5,0	8	5,5	0,01	0,11	0,4	27,2	2,8	3,4	2,7	0,6	0,7	0,5	0,05	0,02	0,01
56	56	Hamel	76°34'31"	46°40'27"	314	41	6,5	4,0	5	7,0	0,01	0,02	0,4	29,0	1,4	3,0	2,7	0,7	1,1	0,6	0,01	0,01	0,01
57	57	Tut	76°37'27"	46°42'23"	347	23	5,7	1,6	34	6,0	0,06	0,01	0,5	24,5	0,8	6,8	2,4	0,5	0,7	0,4	0,16	0,04	0,11
58	58	Julie	76°39'41"	46°33'22"	347	13	5,9	1,8	29	5,5	0,07	0,05	0,5	23,3	1,2	5,4	2,1	0,6	0,8	0,4	0,41	0,04	0,11
59	59	Blériot	76°44'46"	46°32'07"	344	54	5,8	0,9	2	7,0	0,02	0,03	0,4	21,2	0,2	1,6	1,8	0,6	0,6	0,3	0,01	0,04	0,01
60	60	du Porc-Épic	76°58'42"	46°43'08"	360	75	5,8	1,6	33	5,5	0,10	0,01	0,5	24,5	0,8	6,2	2,4	0,5	0,7	0,5	0,18	0,03	0,12
61	61	MRN-56964	77°03'53"	46°30'42"	267	38	6,1	2,7	31	6,5	0,10	0,04	0,6	28,2	1,4	7,0	2,6	0,9	0,9	0,5	0,22	0,02	0,08
62	62	McCaig	77°05'38"	46°42'46"	373	13	5,6	1,6	33	6,0	0,05	0,05	0,5	25,0	1,4	5,6	2,3	0,5	0,9	0,4	0,26	0,03	0,14
63	63	Hough	77°11'53"	46°36'00"	302	62	6,4	5,2	32	7,0	0,08	0,02	0,6	35,5	1,8	7,6	3,9	1,0	1,3	0,8	0,09	0,01	0,07
64	64	la Rochette	77°10'52"	46°36'11"	299	18	6,4	4,7	35	6,5	0,08	0,02	0,7	34,3	1,6	7,8	3,7	1,0	0,9	0,7	0,14	0,01	0,08
65	65	Bresse	77°14'50"	46°30'49"	314	13	6,1	3,4	26	7,0	0,08	0,02	0,5	30,7	1,6	5,6	3,0	0,8	1,0	0,5	0,20	0,03	0,04
66	66	MRN-36560	77°25'35"	46°41'03"	302	23	5,9	3,2	43	6,5	0,11	0,05	0,6	31,2	2,0	8,2	3,2	0,9	0,8	0,5	0,32	0,03	0,15

#	NOSEQ	NOM DU LAC	COORD-EST	COORD-NOR	ALT	SURF	pH	ALC	COU	SO_4	NOx	NH4	Cl	COND	CID	COD	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Al
67	67	MRN-88817	77°29'20"	46°30'33"	373	11	5,4	1,8	29	5,5	0,08	0,11	0,5	24,2	1,8	6,0	2,1	0,5	0,7	0,4	0,30	0,05	0,17
68	68	MRN-88508	77°30'48"	46°41'46"	358	13	5,5	1,4	41	5,0	0,07	0,02	0,5	24,0	1,6	8,0	2,3	0,6	0,8	0,4	0,28	0,04	0,15
69	69	MRN-88495	77°34'38"	46°43'25"	389	25	5,5	1,2	34	5,5	0,07	0,05	0,5	23,7	1,2	7,0	2,0	0,6	0,8	0,4	0,27	0,04	0,15
70	70	Dessert	77°43'01"	46°45'28"	329	101	5,9	1,6	28	6,5	0,09	0,01	0,6	26,5	0,6	6,6	2,1	0,5	0,8	0,4	0,14	0,02	0,09
71	71	MRN-88603	76°21'09"	46°35'33"	328	41	6,6	6,8	12	7,5	0,06	0,01	0,4	38,3	2,4	4,6	4,4	1,0	0,9	0,6	0,15	0,01	0,01
72	72	Fologné	76°26'18"	46°36'39"	302	47	6,2	3,4	8	7,0	0,01	0,04	0,4	29,3	1,4	3,8	2,6	0,9	0,7	0,5	0,03	0,01	0,01
73	73	MRN-79735	77°46'03"	46°33'56"	312	14	5,7	2,0	48	6,5	0,03	0,09	0,8	29,0	1,4	9,0	2,6	0,8	1,0	0,5	0,20	0,04	0,17
74	74	MRN-79683	77°52'01"	46°39'37"	312	9	6,0	6,2	48	5,0	0,17	0,09	0,6	35,0	4,6	8,0	3,5	0,9	1,2	0,8	0,88	0,09	0,09
75	75	MRN-79638	77°56'12"	46°35'30"	328	13	5,8	1,6	39	6,5	0,07	0,04	0,5	28,0	0,6	7,8	2,5	0,6	0,9	0,6	0,26	0,04	0,15
76	76	MRN-79920	77°51'14"	46°49'48"	328	13	4,8	0,4	3	6,5	0,03	0,06	0,4	23,7	1,0	1,8	1,2	0,4	0,5	0,4	0,03	0,05	0,06
77	77	MRN-88362	77°33'51"	46°50'55"	404	31	6,5	4,9	11	6,5	0,03	0,03	0,5	30,7	1,4	4,2	3,3	0,7	0,8	0,5	0,07	0,01	0,01
78	78	Karling	77°39'49"	46°48'06"	375	62	5,4	1,1	21	6,0	0,04	0,06	0,6	23,0	1,4	5,6	2,0	0,5	0,6	0,4	0,15	0,04	0,08
79	79	MRN-88126	77°17'28"	46°53'17"	343	11	5,6	2,2	79	5,5	0,11	0,09	0,9	29,0	1,6	12,0	2,7	0,7	1,1	0,5	0,41	0,03	0,21
80	80	MRN-88012	77°26'52"	46°58'02"	404	28	5,5	1,9	37	5,5	0,12	0,07	0,5	25,5	1,6	6,2	2,2	0,6	0,9	0,4	0,29	0,04	0,14
81	81	MRN-88203	77°22'05"	46°49'03"	358	16	4,9	1,3	92	5,0	0,08	0,09	0,6	27,5	1,2	15,4	2,4	0,6	0,8	0,3	0,39	0,03	0,21
82	82	MRN-88188	77°24'38"	46°47'59"	450	21	5,8	1,5	3	5,5	0,02	0,04	0,4	20,2	1,2	3,2	1,9	0,4	0,6	0,3	0,02	0,02	0,01
83	83	MRN-88170	77°29'28"	46°45'15"	343	22	6,3	9,4	55	5,0	0,21	0,01	1,0	39,7	3,4	9,2	3,7	1,0	0,9	0,5	0,35	0,03	0,12
84	84	MRN-69453	77°02'29"	46°46'29"	358	17	5,4	1,6	8	5,5	0,06	0,06	0,4	22,3	1,6	3,6	1,9	0,6	0,6	0,4	0,05	0,03	0,05
85	85	MRN-02601	77°00'20"	46°53'05"	373	14	6,2	4,1	15	6,0	0,09	0,01	0,6	29,7	1,6	4,6	3,0	0,6	0,7	0,7	0,05	0,01	0,04
86	86	MRN-49004	77°00'09"	46°58'44"	378	25	6,4	4,2	7	4,5	0,03	0,03	0,4	24,0	1,4	2,4	2,2	0,6	0,8	0,7	0,17	0,02	0,01
87	87	Wahuja	76°32'18"	46°56'00"	378	18	5,9	2,5	34	5,0	0,04	0,05	0,7	24,0	1,4	6,8	2,3	0,6	0,7	0,4	0,18	0,03	0,14
88	88	Tabre	76°33'34"	46°55'58"	360	10	5,8	3,1	49	5,5	0,10	0,09	0,7	28,7	2,0	9,8	2,9	0,7	0,8	0,6	0,28	0,03	0,23
89	89	Delahey	77°56'13"	46°49'34"	375	987	6,0	1,5	21	6,0	0,09	0,01	0,6	24,7	0,6	5,2	2,3	0,6	0,7	0,5	0,13	0,03	0,06
90	90	Brian	76°40'34"	46°45'48"	408	57	5,9	0,9	39	6,0	0,06	0,03	0,6	24,2	0,6	6,8	2,1	0,6	0,7	0,4	0,22	0,03	0,14
91	91	MRN-37417	76°35'08"	46°46'15"	424	10	5,8	4,4	62	5,5	0,17	0,05	0,5	32,0	3,0	8,0	3,2	0,8	0,9	0,6	0,69	0,07	0,17
92	92	MRN-49083	76°49'51"	46°52'44"	389	13	5,5	2,8	49	5,0	0,04	0,23	0,7	28,5	2,8	7,2	2,6	0,6	0,7	0,5	0,60	0,04	0,21
93	93	MRN-49084	76°49'27"	46°52'54"	389	13	6,0	2,6	17	6,0	0,02	0,05	0,4	25,5	1,0	4,8	2,4	0,6	0,7	0,5	0,06	0,02	0,05
94	94	MRN-48999	76°44'43"	46°55'38"	434	14	5,6	1,0	5	5,0	0,01	0,01	0,4	17,5	0,6	2,8	1,5	0,4	0,5	0,3	0,04	0,05	0,02
95	95	MRN-49007	76°57'52"	46°59'06"	419	14	5,8	3,5	26	6,0	0,05	0,12	0,4	28,7	2,6	5,2	2,8	0,5	1,0	0,4	0,42	0,08	0,12
96	96	Kilrea	76°05'25"	46°59'16"	347	91	5,9	1,2	6	5,0	0,03	0,01	0,3	18,5	0,4	2,6	1,7	0,4	0,5	0,3	0,04	0,04	0,01
97	97	Gundy	76°10'50"	46°56'14"	253	10	6,1	5,5	29	5,5	0,17	0,04	0,5	32,5	2,2	5,8	3,2	0,9	0,8	0,6	0,10	0,01	0,07
98	98	Leamy	76°08'09"	46°51'13"	238	28	6,5	11,0	35	6,0	0,09	0,02	4,0	54,0	3,6	4,0	4,5	1,4	3,1	1,2	0,41	0,02	0,05
99	99	Baderne	76°17'14"	46°48'45"	287	8	5,9	6,6	54	4,0	0,14	0,17	0,8	31,7	4,2	7,4	3,0	0,8	1,2	0,8	0,41	0,05	0,08

#	NOSEQ	NOM DU LAC	COORD-EST	COORD-NOR	ALT	SURF	pH	ALC	COU	SO_4	NOx	NH4	Cl	COND	CID	COD	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Al
100	100	Morvant	76°17'39"	46°52'54"	390	36	6,2	3,4	27	7,0	0,09	0,02	0,5	30,5	1,4	5,4	3,0	0,8	0,9	0,6	0,18	0,04	0,07
101	101	la Tour	76°20'44"	46°49'13"	347	23	5,9	3,5	24	5,5	0,17	0,05	0,6	28,3	2,4	5,6	2,9	0,7	0,8	0,5	0,13	0,03	0,07
102	102	Arco	76°27'21"	46°58'03"	390	10	5,4	1,5	36	2,0	0,01	0,19	0,5	14,0	1,6	5,8	0,8	0,3	0,5	0,5	0,19	0,03	0,07
103	103	MRN-38698	78°29'19"	46°25'51"	328	16	6,2	9,1	19	6,5	0,08	0,34	0,5	41,0	5,0	4,0	4,1	0,8	1,3	0,6	0,68	0,11	0,04
104	104	MRN-38699	78°30'06"	46°28'13"	349	16	5,9	2,4	12	6,5	0,05	0,03	0,5	27,0	1,4	4,4	2,4	0,6	1,0	0,5	0,06	0,02	0,04
105	105	MRN-38871	78°08'50"	46°30'05"	358	22	6,7	10,7	9	8,5	0,05	0,01	0,6	47,7	3,2	4,2	6,9	0,8	0,7	0,4	0,02	0,02	0,04
106	106	MRN-39588	78°08'57"	46°31'28"	373	26	5,7	4,1	42	5,0	0,05	0,19	0,3	29,2	3,2	8,2	2,8	0,6	0,8	0,5	0,65	0,15	0,16
107	107	MRN-39531	78°02'40"	46°37'05"	343	23	5,5	1,5	56	4,5	0,15	0,03	0,4	23,7	1,0	8,6	2,0	0,5	0,8	0,6	0,57	0,06	0,15
108	108	MRN-39528	78°03'53"	46°38'33"	343	16	5,7	2,5	50	6,5	0,07	0,08	0,6	29,7	1,6	8,8	2,6	0,8	1,0	0,5	0,37	0,05	0,21
109	109	MRN-07126	78°27'36"	46°43'31"	299	47	6,4	3,3	7	6,5	0,03	0,02	0,4	27,5	1,0	3,2	2,7	0,6	1,0	0,4	0,05	0,03	0,01
110	110	Tiri	78°30'02"	46°36'28"	332	23	6,0	2,7	53	7,0	0,10	0,04	0,6	33,2	1,2	7,4	3,0	0,8	1,1	1,0	0,64	0,04	0,14
111	111	Indian	78°36'50"	46°31'37"	375	49	5,0	1,1	39	5,0	0,04	0,07	0,4	23,6	0,6	7,4	1,7	0,5	0,6	0,5	0,34	0,06	0,24
112	112	MRN-42008	78°33'11"	46°38'13"	328	16	5,8	3,8	57	6,5	0,03	0,14	0,6	33,2	2,0	9,2	2,9	0,8	1,1	0,9	0,66	0,03	0,14
113	113	MRN-39869	78°44'02"	46°41'52"	312	16	6,1	4,5	14	7,5	0,08	0,05	0,5	34,5	1,8	6,0	3,3	0,8	1,1	0,9	0,10	0,02	0,04
114	114	Otter	78°47'12"	46°44'04"	268	192	6,3	5,2	27	8,5	0,09	0,04	0,6	39,7	1,6	6,8	3,8	1,0	1,3	1,2	0,16	0,01	0,06
115	115	MRN-07169	78°46'25"	46°41'06"	390	62	6,4	3,5	7	7,0	0,05	0,02	0,4	30,7	1,2	3,8	2,9	0,7	1,0	0,8	0,06	0,03	0,01
116	116	MRN-01172	78°41'34"	46°30'34"	253	117	6,2	2,8	17	7,5	0,04	0,03	0,5	30,7	0,8	5,6	2,8	0,9	0,8	0,8	0,16	0,04	0,06
117	117	MRN-42231	78°50'50"	46°33'36"	267	16	6,1	2,8	4	7,5	0,02	0,08	0,3	29,2	1,2	3,0	2,7	0,8	0,6	0,6	0,01	0,01	0,01
118	118	MRN-97082	78°50'21"	46°42'54"	282	17	6,5	5,6	6	9,0	0,03	0,04	0,4	38,5	1,8	3,2	3,6	1,0	1,2	0,9	0,05	0,01	0,01
119	119	MRN-42117	78°56'30"	46°44'25"	282	13	6,4	11,2	18	7,5	0,10	0,12	0,7	46,7	4,2	4,0	4,1	1,4	1,2	1,4	0,38	0,11	0,01
120	120	du Diable	78°55'54"	46°42'34"	256	158	6,8	7,6	3	10,0	0,02	0,01	0,7	44,7	2,0	3,0	4,4	1,4	1,1	1,0	0,01	0,01	0,01
121	121	Croche	79°04'09"	46°53'15"	268	65	6,1	2,3	13	9,5	0,05	0,03	0,5	35,5	1,0	4,8	3,2	0,9	0,9	0,8	0,11	0,04	0,05
122	122	MRN-74730	79°12'28"	46°56'47"	267	27	5,7	2,0	9	6,5	0,08	0,05	0,4	24,5	1,4	3,8	2,4	0,6	0,6	0,4	0,13	0,03	0,01
123	123	MRN-67216	78°31'06"	46°58'30"	312	14	4,8	1,0	90	8,5	0,08	0,11	0,7	39,5	1,6	16,8	3,3	0,8	1,0	0,5	0,47	0,08	0,43
124	124	Mud	78°49'57"	46°48'03"	299	18	6,1	3,4	12	9,0	0,05	0,03	0,5	38,0	1,6	5,4	3,5	1,0	1,0	0,9	0,06	0,05	0,03
125	125	Sébille	78°53'59"	46°57'28"	312	39	5,6	1,4	25	5,5	0,08	0,02	0,5	23,7	1,0	5,8	2,1	0,6	0,7	0,6	0,21	0,04	0,11
126	126	MRN-06827	77°59'48"	46°58'16"	329	89	6,1	1,8	6	5,0	0,01	0,01	0,4	21,0	0,6	3,8	1,8	0,6	0,7	0,6	0,02	0,01	0,01
127	127	MRN-74946	78°04'39"	46°56'12"	328	61	6,2	3,2	27	6,0	0,08	0,01	0,5	28,5	1,2	4,6	2,5	0,7	1,2	0,7	0,24	0,02	0,03
128	128	MRN-74991	78°02'19"	46°59'18"	312	19	5,2	1,9	97	4,5	0,02	0,18	0,8	27,2	2,8	13,0	2,0	0,7	1,1	0,5	0,72	0,04	0,27
129	129	MRN-07240	78°12'19"	46°58'04"	329	23	6,1	1,7	15	6,5	0,06	0,05	0,4	26,5	0,6	4,4	2,5	0,6	0,9	0,4	0,12	0,01	0,04
130	130	Cross	78°20'02"	46°56'34"	314	109	5,9	1,9	9	5,0	0,03	0,03	0,4	22,5	1,0	4,0	1,9	0,6	0,7	0,7	0,10	0,04	0,01
131	131	MRN-07268	76°29'06"	46°58'22"	314	124	6,2	1,6	4	6,0	0,01	0,02	0,4	24,5	0,6	3,2	2,3	0,5	0,7	0,5	0,01	0,01	0,01
132	132	MRN-75795	78°05'47"	47°10'08"	328	27	5,2	1,2	84	6,0	0,08	0,07	0,7	27,5	1,0	11,4	2,4	0,6	0,9	0,6	0,13	0,03	0,22

#	NOSEQ	NOM DU LAC	COORD-EST	COORD-NOR	ALT	SURF	pH	ALC	COU	SO_4	NOx	NH4	Cl	COND	CID	COD	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Al
133	133	MRN-75829	78°07'51"	47°10'56"	343	16	5,3	1,3	59	6,0	0,07	0,03	0,6	26,7	1,2	10,0	2,4	0,6	0,8	0,6	0,06	0,34	0,23
134	134	Jumeaux	78°19'32"	47°04'12"	314	16	6,1	4,2	23	7,5	0,10	0,01	0,5	32,3	2,4	4,6	3,0	0,8	1,2	0,7	0,39	0,04	0,06
135	135	MRN-75966	78°15'46"	47°07'44"	312	41	5,6	1,4	32	6,0	0,10	0,03	0,5	25,5	1,0	6,2	2,2	0,6	0,9	0,6	0,27	0,04	0,14
136	136	MRN-75932	78°18'40"	47°12'56"	389	38	5,0	1,1	100	5,0	0,08	0,08	0,6	25,5	1,8	12,2	1,8	0,6	0,9	0,5	0,62	0,05	0,32
137	137	MRN-77555	78°31'57"	47°02'31"	312	16	5,5	1,5	9	8,0	0,02	0,09	0,4	28,5	1,8	3,8	2,5	0,5	0,7	0,5	0,11	0,06	0,07
138	138	MRN-77540	78°37'00"	47°01'47"	312	16	5,9	1,5	5	8,5	0,01	0,05	0,4	29,0	1,0	3,2	2,6	0,6	0,9	0,5	0,06	0,04	0,08
139	139	MRN-77517	78°37'56"	47°05'33"	312	14	5,4	1,2	8	8,0	0,17	0,04	0,4	28,5	1,8	3,6	2,4	0,6	0,7	0,6	0,06	0,05	0,04
140	140	North	78°36'49"	47°12'57"	299	10	5,9	1,1	8	8,0	0,06	0,05	0,4	26,5	0,6	3,2	2,3	0,6	0,7	0,6	0,09	0,03	0,03
141	141	MRN-77287	78°41'22"	47°14'46"	312	16	5,5	2,0	46	6,0	0,07	0,29	0,5	27,5	2,8	7,8	2,2	0,6	0,8	0,5	0,42	0,05	0,25
142	142	MRN-77310	78°42'32"	47°10'45"	312	23	5,4	0,9	13	7,0	0,12	0,05	0,4	27,0	1,6	3,8	2,2	0,6	0,7	0,4	0,21	0,04	0,06
143	143	Six Milles	78°43'33"	47°10'04"	341	101	5,5	1,0	9	7,0	0,05	0,03	0,3	23,0	0,6	3,2	1,9	0,6	0,6	0,4	0,12	0,04	0,05
144	144	MRN-77487	78°39'36"	47°01'52"	358	11	5,1	0,5	2	8,0	0,01	0,02	0,4	24,7	0,4	2,0	1,8	0,4	0,6	0,3	0,04	0,09	0,09
145	145	MRN-77528	78°39'12"	47°01'07"	358	16	5,5	1,3	22	5,0	0,07	0,03	0,5	20,5	1,4	5,0	1,9	0,4	0,6	0,3	0,19	0,04	0,10
146	146	du Bouleau	78°44'11"	47°01'44"	287	69	6,2	1,9	5	8,5	0,04	0,02	0,5	31,3	0,6	3,0	2,9	0,8	0,8	0,7	0,02	0,01	0,01
147	147	Herbin	78°44'12"	46°59'27"	302	81	6,5	5,4	3	9,5	0,02	0,01	0,4	40,0	1,8	2,2	3,7	1,0	1,0	1,0	0,01	0,03	0,01
148	148	MRN-77884	78°45'28"	47°01'28"	267	36	6,0	2,6	23	6,5	0,06	0,04	0,5	27,0	1,4	5,6	2,4	0,7	0,8	0,7	0,28	0,04	0,08
149	149	MRN-77878	78°47'22"	47°00'59"	297	22	5,8	3,0	14	4,0	0,03	0,18	0,4	23,0	2,2	4,6	1,9	0,6	0,6	0,5	0,22	0,07	0,03
150	150	MRN-77836	78°52'41"	47°05'20"	328	16	5,4	2,2	29	5,5	0,01	0,29	0,5	24,0	3,6	4,6	1,9	0,5	0,6	0,4	1,54	0,04	0,08
151	151	Bellisle	78°54'31"	47°06'17"	287	163	5,9	1,5	7	8,5	0,02	0,04	0,7	30,5	1,0	3,6	2,5	0,8	0,8	0,7	0,13	0,13	0,01
152	152	MRN-77763	78°59'41"	47°02'24"	282	27	6,1	2,5	6	7,0	0,02	0,05	0,4	27,0	1,2	3,4	2,3	0,8	0,7	0,5	0,03	0,05	0,01
153	153	MRN-77821	78°54'01"	47°00'44"	297	13	5,5	1,5	24	6,0	0,13	0,05	0,5	25,5	1,8	5,0	2,2	0,6	0,8	0,4	0,20	0,04	0,08
154	154	MRN-76744	79°01'20"	47°05'32"	282	27	5,9	1,6	7	8,0	0,08	0,01	0,4	29,0	1,0	3,6	2,4	0,8	0,8	0,6	0,07	0,03	0,01
155	155	à l'Eau Claire	79°14'52"	47°11'13"	297	42	5,8	1,2	3	6,5	0,02	0,04	0,3	21,7	0,8	2,4	1,8	0,6	0,5	0,3	0,02	0,02	0,01
156	156	à Janel	79°18'32"	47°05'16"	282	27	5,9	2,6	14	6,0	0,13	0,02	0,6	26,7	1,6	4,4	2,3	0,8	0,7	0,6	0,09	0,02	0,03
157	157	François	79°08'43"	47°18'27"	299	10	6,3	6,2	47	6,5	0,10	0,01	1,0	38,0	2,4	7,2	3,8	1,3	1,1	0,5	0,77	0,02	0,06
158	158	des Mauves	79°16'27"	47°29'36"	236	41	6,6	13,6	20	6,0	0,08	0,01	0,4	48,0	4,0	6,6	5,9	1,5	1,1	0,6	0,10	0,02	0,02
159	159	Bay	78°32'35"	47°18'45"	347	49	5,4	0,5	12	6,5	0,06	0,03	0,5	22,7	0,6	3,6	1,7	0,5	0,7	0,5	0,18	0,05	0,09
160	160	MRN-78490	78°30'54"	47°20'02"	358	16	5,4	0,9	6	5,5	0,04	0,03	0,3	19,7	1,2	2,4	1,4	0,4	0,7	0,4	0,09	0,03	0,05
161	161	MRN-78505	78°32'25"	47°22'19"	358	20	5,8	2,7	9	4,5	0,07	0,13	0,4	21,2	1,8	2,8	1,8	0,5	0,5	0,4	0,15	0,04	0,04
162	162	MRN-78512	78°29'53"	47°27'12"	328	36	5,7	2,6	16	5,5	0,14	0,23	0,5	25,5	2,8	3,4	2,1	0,5	0,8	0,5	0,62	0,09	0,01
163	163	MRN-10594	78°43'42"	47°26'13"	329	106	5,1	0,7	54	6,0	0,05	0,04	0,5	24,0	0,8	7,8	2,1	0,5	0,7	0,3	0,47	0,05	0,20
164	164	Ponderosa	78°38'42"	47°23'10"	343	13	6,0	3,6	17	6,5	0,11	0,01	0,5	29,5	2,0	4,0	2,8	0,7	0,9	0,6	0,47	0,05	0,03
165	165	Castor Maigre	78°41'27"	47°16'50"	328	34	5,8	3,7	19	4,0	0,06	0,39	0,5	23,7	2,8	4,4	1,9	0,5	0,5	0,5	0,67	0,22	0,02

#	NOSEQ	NOM DU LAC	COORD-EST	COORD-NOR	ALT	SURF	pH	ALC	COU	SO_4	NOx	NH4	Cl	COND	CID	COD	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Al
166	166	MRN-78531	78°56'42"	47°16'19"	297	19	5,9	3,2	7	4,5	0,03	0,08	0,3	22,0	2,2	3,2	2,0	0,6	0,7	0,4	0,06	0,04	0,01
167	167	MRN-77956	78°09'36"	47°25'24"	343	53	5,4	0,6	18	7,0	0,02	0,04	0,4	24,7	0,6	3,8	2,0	0,5	0,8	0,4	0,23	0,06	0,13
168	168	MRN-79352	78°21'22"	47°15'58"	358	42	5,9	4,2	20	6,0	0,06	0,04	0,5	28,3	2,2	5,2	2,4	0,8	0,9	0,9	0,10	0,03	0,07
169	169	MRN-79358	78°21'45"	47°17'00"	358	11	5,3	2,0	65	5,0	0,18	0,02	0,7	27,2	9,2	9,6	2,3	0,7	0,9	1,0	0,44	0,05	0,21
170	170	du Canal	78°21'16"	47°18'10"	344	174	6,0	1,6	7	8,0	0,06	0,03	0,4	28,7	0,8	3,6	2,4	0,7	1,0	0,8	0,04	0,01	0,02
171	171	MRN-77941	78°13'59"	47°26'06"	343	11	5,8	1,3	10	7,0	0,06	0,06	0,4	25,0	0,6	3,4	2,1	0,6	0,9	0,4	0,11	0,03	0,09
172	172	MRN-79311	78°23'59"	47°24'17"	328	14	5,3	1,1	29	5,0	0,11	0,04	0,5	22,0	1,0	5,2	1,7	0,5	0,8	0,3	0,20	0,04	0,15
173	173	MRN-79242	78°26'43"	47°22'40"	358	23	5,4	1,0	12	5,5	0,03	0,03	0,3	20,3	0,8	3,4	1,7	0,5	0,6	0,4	0,14	0,04	0,10
174	174	Stone	78°29'18"	47°20'54"	328	72	5,0	0,4	6	7,5	0,24	0,02	0,4	25,3	0,4	2,8	1,8	0,5	0,7	0,5	0,05	0,06	0,10
175	175	MRN-79281	78°25'29"	47°17'52"	358	16	5,2	0,9	14	6,5	0,06	0,07	0,4	25,5	1,4	3,4	2,1	0,5	0,7	0,3	0,25	0,05	0,08
176	176	MRN-82345	78°19'11"	47°30'15"	343	11	5,5	1,9	60	4,5	0,02	0,20	0,7	26,3	2,4	9,4	2,4	0,6	1,1	0,4	1,24	0,04	0,27
177	177	MRN-82349	78°21'10"	47°41'23"	328	31	4,6	0,1	29	5,5	0,03	0,19	0,4	25,0	1,0	4,2	1,3	0,3	0,6	0,2	0,33	0,03	0,19
178	178	Prévu	79°09'57"	47°30'42"	271	49	6,5	16,0	59	7,5	0,16	0,01	0,5	62,0	4,8	12,0	6,1	2,4	2,0	1,4	0,43	0,09	0,18
179	179	2e lac Bull Rock	79°23'48"	47°52'21"	282	38	5,9	6,2	125	5,5	0,26	0,03	0,9	42,0	3,6	17,2	4,1	1,7	1,3	0,5	0,99	0,16	0,33
180	180	Grand Cheval Blanc	76°09'52"	47°10'19"	363	80	5,8	1,7	14	5,5	0,09	0,01	0,5	22,5	0,8	4,4	2,2	0,5	0,5	0,5	0,11	0,05	0,04
181	181	du Drachme	76°18'20"	47°06'47"	363	13	5,5	2,8	92	4,5	0,16	0,10	1,1	31,0	2,2	15,8	3,4	0,8	0,8	0,5	0,53	0,05	0,21
182	182	Saru	76°13'38"	47°14'10"	405	21	6,1	2,6	14	6,5	0,05	0,02	0,4	27,3	1,0	4,2	2,6	0,8	0,6	0,4	0,14	0,01	0,04
183	183	Tentacule	76°22'09"	47°10'35"	384	10	6,5	9,7	25	6,5	0,03	0,13	0,8	42,0	3,0	7,8	5,7	0,8	0,6	0,3	0,04	0,01	0,05
184	184	Plasmodie	76°26'39"	47°02'34"	408	8	5,7	1,4	12	4,0	0,04	0,04	0,6	17,0	1,0	3,6	1,5	0,4	0,5	0,4	0,09	0,03	0,05
185	185	Oc	76°45'55"	47°02'43"	390	10	5,8	8,5	74	4,0	0,01	0,59	0,7	37,0	4,6	9,8	3,4	0,9	1,1	0,5	1,08	0,05	0,17
186	186	Idie	76°47'00"	47°06'45"	390	10	4,9	0,4	48	4,0	0,05	0,06	0,4	20,7	0,6	6,6	1,2	0,4	0,5	0,4	0,46	0,03	0,13
187	187	Argenton	76°49'20"	47°07'51"	378	8	5,6	2,3	76	4,5	0,09	0,07	0,7	25,7	1,4	11,8	2,4	0,7	0,9	0,6	0,40	0,05	0,23
188	189	Hardouinais	76°59'21"	47°07'07"	390	8	5,9	3,8	35	5,5	0,10	0,02	0,5	28,0	2,2	4,6	2,6	0,7	1,1	0,6	0,39	0,02	0,06
189	190	Tambour	76°51'46"	47°07'05"	378	49	6,1	2,0	18	6,0	0,05	0,02	0,5	24,5	0,6	4,6	2,1	0,6	0,8	0,5	0,15	0,03	0,05
190	191	Fablier	76°59'25"	47°02'25"	378	8	6,0	4,7	32	5,5	0,14	0,01	0,5	28,2	2,0	6,0	2,7	0,8	1,1	0,6	0,30	0,03	0,08
191	192	Civrais	76°56'02"	47°02'36"	378	23	5,8	3,0	37	5,5	0,03	0,06	0,6	26,7	1,4	7,0	2,3	0,7	0,9	0,8	0,13	0,02	0,08
192	193	Ollières	77°05'54"	47°00'30"	405	83	5,7	1,6	35	6,5	0,04	0,04	0,6	26,3	0,6	8,0	2,2	0,6	1,0	0,5	0,20	0,03	0,15
193	194	Blénod	77°01'57"	47°04'42"	390	16	6,1	11,2	42	4,0	0,01	0,49	0,2	39,5	4,4	7,8	3,5	0,7	1,4	0,7	1,03	0,07	0,14
194	195	de la Drave	77°09'05"	47°06'05"	375	10	5,7	2,7	21	8,0	0,04	0,16	0,6	32,2	1,8	6,0	2,8	0,8	0,8	0,6	0,20	0,06	0,06
195	196	Wisopchidick	77°13'01"	47°04'31"	375	101	5,6	1,4	51	5,0	0,08	0,04	0,5	22,0	0,6	7,8	1,9	0,6	0,8	0,5	0,36	0,03	0,13
196	197	Inam	77°12'28"	47°03'42"	378	8	5,3	1,3	77	5,0	0,08	0,08	0,8	24,7	1,2	10,6	2,2	0,5	0,8	0,4	0,41	0,04	0,24
197	198	Cacatous	77°16'27"	47°02'39"	363	13	5,5	1,8	71	4,5	0,11	0,09	0,7	24,2	1,0	10,4	2,1	0,6	1,0	0,4	0,41	0,02	0,26
198	205	MRN-78963	77°59'09"	47°12'47"	343	42	4,9	0,8	120	4,5	0,09	0,11	1,3	29,7	2,4	16,2	2,5	0,7	0,9	0,4	0,59	0,04	0,34

#	NOSEQ	NOM DU LAC	COORD-EST	COORD-NOR	ALT	SURF	pH	ALC	COU	SO_4	NOx	NH4	Cl	COND	CID	COD	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Al
199	208	du , ic	77°40'33"	47°26'35"	347	21	5,8	3,9	66	4,0	0,10	0,12	0,6	27,7	2,8	9,6	2,8	0,7	0,8	0,4	0,49	0,05	0,24
200	209	du Renard	77°43'49"	47°22'40"	363	13	5,8	1,3	17	5,5	0,04	0,02	0,4	25,0	0,6	5,2	2,1	0,6	0,8	0,5	0,10	0,03	0,06
201	210	Machin	77°53'36"	47°16'23"	332	197	5,9	4,8	36	6,0	0,09	0,14	0,7	35,3	3,4	7,4	2,8	1,1	1,3	1,0	0,50	0,05	0,11
202	221	East	76°02'07"	47°18'36"	393	13	5,2	1,0	67	4,0	0,14	0,07	0,6	22,5	1,4	10,2	1,8	0,6	0,5	0,7	0,41	0,05	0,17
203	222	Us	76°18'42"	47°23'17"	439	8	5,8	2,2	7	6,0	0,04	0,08	0,4	24,5	1,2	3,2	2,3	0,7	0,5	0,3	0,03	0,01	0,03
204	223	Jeannie	76°21'23"	47°22'13"	421	23	5,9	1,8	9	6,0	0,03	0,03	0,4	23,0	1,6	3,4	2,2	0,6	0,5	0,3	0,06	0,01	0,04
205	224	Moen	76°03'52"	47°42'52"	375	8	5,6	3,7	86	2,0	0,02	0,51	0,7	22,7	3,0	10,4	1,5	0,6	0,5	0,5	0,99	0,03	0,17
206	225	MRN-54127	76°06'02"	47°44'44"	373	31	6,2	4,8	41	5,0	0,15	0,04	0,6	30,5	1,8	6,4	2,8	0,9	1,1	0,5	0,36	0,02	0,13
207	226	Verdun	76°06'02"	47°41'17"	378	80	6,0	3,2	11	4,5	0,10	0,02	0,4	23,5	1,2	4,0	2,2	0,6	0,7	0,4	0,05	0,01	0,03
208	227	MRN-A2015	76°06'32"	47°30'18"	389	23	5,8	3,9	66	5,5	0,39	0,11	0,6	30,2	3,4	8,2	3,1	0,9	1,0	0,6	0,64	0,03	0,19
209	228	MRN-54418	76°16'11"	47°39'13"	373	13	5,8	3,7	95	4,0	0,10	0,04	0,7	29,3	2,0	13,4	2,8	0,9	1,5	0,4	0,58	0,01	0,22
210	229	Camiers	76°19'28"	47°39'41"	360	8	4,8	0,0	1	4,0	0,03	0,03	0,3	17,5	0,2	0,2	0,8	0,3	0,3	0,2	0,02	0,02	0,06
211	230	MRN-54364	76°28'59"	47°37'10"	358	27	6,4	5,8	20	3,0	0,07	0,01	0,7	25,0	2,0	3,6	2,2	0,7	1,1	0,6	0,33	0,01	0,01
212	231	Shuter	76°38'47"	47°43'57"	375	21	6,1	3,8	38	5,0	0,12	0,01	0,7	29,5	1,8	7,0	2,8	0,9	1,1	0,5	0,13	0,02	0,12
213	232	MRN-49508	76°39'24"	47°40'37"	358	20	6,1	8,3	78	2,5	0,12	0,15	0,6	33,5	4,0	9,6	3,3	1,1	1,2	0,5	1,04	0,03	0,12
214	234	Serre	76°52'35"	47°42'39"	405	13	5,8	2,2	9	7,0	0,06	0,05	0,3	25,5	1,2	3,0	2,1	0,7	0,7	0,4	0,07	0,02	0,10
215	235	Upie	77°00'23"	47°40'26"	378	10	5,8	2,2	30	6,0	0,04	0,04	0,5	24,3	1,4	5,8	1,8	0,7	0,9	0,5	0,21	0,03	0,15
216	236	Entremont	77°08'48"	47°39'25"	363	44	5,7	1,5	23	6,5	0,10	0,04	0,5	24,7	0,8	4,8	1,7	0,7	0,8	0,5	0,21	0,02	0,13
217	237	Kérialtan	77°14'24"	47°34'49"	347	34	6,2	2,8	11	6,5	0,03	0,03	0,5	25,5	1,0	3,8	2,0	0,8	0,9	0,5	0,06	0,01	0,02
218	238	Fines	77°25'47"	47°39'15"	347	26	5,4	1,2	15	6,0	0,03	0,03	0,3	23,0	0,8	3,8	1,5	0,6	0,7	0,6	0,22	0,03	0,10
219	239	Hefer	77°25'29"	47°39'41"	347	10	5,5	1,0	15	6,0	0,01	0,05	0,6	23,0	0,8	4,6	1,6	0,6	0,7	0,6	0,11	0,04	0,11
220	240	Diaule	77°29'11"	47°40'12"	329	18	5,8	2,2	23	5,5	0,12	0,02	0,5	26,0	1,4	5,2	2,0	0,7	1,1	0,6	0,17	0,02	0,06
221	241	Bau	77°39'15"	47°32'18"	317	26	5,5	1,4	9	4,0	0,07	0,03	0,4	19,3	1,6	3,0	1,5	0,4	0,7	0,5	0,07	0,02	0,03
222	242	Captal	77°46'53"	47°33'25"	332	10	5,4	1,3	34	3,0	0,08	0,09	0,6	17,5	2,0	5,2	1,1	0,5	0,7	0,4	0,34	0,03	0,03
223	243	MRN-A5754	77°47'07"	47°54'54"	351	30	5,0	1,3	114	3,5	0,05	0,12	0,8	25,5	3,0	14,0	1,9	0,6	0,9	0,4	0,84	0,04	0,30
224	244	Rivard	77°08'05"	47°47'00"	375	194	5,4	1,0	17	6,0	0,05	0,03	0,4	22,0	0,6	4,6	1,6	0,6	0,7	0,5	0,11	0,02	0,12
225	245	MRN-A5849	77°05'18"	47°51'45"	419	14	5,5	1,4	28	5,0	0,09	0,07	0,3	23,3	1,0	5,4	1,6	0,6	0,7	0,5	0,31	0,03	0,18
226	246	Licier	77°11'31"	47°45'48"	439	13	5,2	0,9	18	5,5	0,03	0,04	0,3	21,0	0,8	4,8	1,4	0,5	0,6	0,3	0,12	0,03	0,21
227	247	Hall	77°16'54"	47°47'25"	360	47	6,2	10,2	28	6,0	0,09	0,04	0,4	37,5	3,6	4,0	3,7	1,3	0,9	0,7	0,53	0,11	0,05
228	248	Arras	76°30'40"	47°57'44"	390	290	6,0	2,2	26	5,5	0,15	0,03	0,6	26,0	1,2	5,2	2,0	0,8	0,8	0,5	0,17	0,02	0,14
229	249	MRN-49838	76°34'13"	47°58'14"	381	13	5,5	1,9	66	5,0	0,12	0,04	0,6	26,0	1,4	10,0	2,1	0,9	0,8	0,5	0,34	0,03	0,23
230	250	Douai	76°39'41"	47°58'09"	390	57	5,8	1,7	22	5,0	0,10	0,03	0,5	24,3	1,0	5,2	1,9	0,7	0,7	0,5	0,14	0,03	0,13
231	251	Chip	76°42'02"	47°50'08"	419	22	5,2	1,1	36	5,0	0,08	0,05	0,5	22,7	1,4	6,8	1,7	0,6	0,7	0,4	0,17	0,04	0,22

#	NOSEQ	NOM DU LAC	COORD-EST	COORD-NOR	ALT	SURF	pH	ALC	COU	SO_4	NOx	NH4	Cl	COND	CID	COD	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Al
232	252	dell	76°39'16"	47°47'41"	358	22	6,4	8,2	27	4,0	0,07	0,04	0,4	31,5	2,8	3,8	2,7	1,1	1,3	0,6	0,46	0,02	0,05
233	253	de l'Ouragan	76°40'51"	47°57'21"	408	8	5,2	0,6	5	5,0	0,01	0,02	0,3	19,5	0,4	2,6	1,5	0,4	0,5	0,4	0,02	0,02	0,07
234	254	MRN-49973	76°56'55"	47°55'01"	381	13	6,1	2,5	8	5,5	0,04	0,03	0,5	25,7	1,0	3,2	1,9	0,7	0,8	0,6	0,08	0,01	0,14
235	255	Caoui	76°57'25"	47°53'20"	375	62	6,2	2,4	5	6,0	0,04	0,02	0,4	25,0	0,8	2,4	1,9	0,7	0,8	0,6	0,04	0,01	0,02
236	256	MRN-54616	76°02'25"	47°50'28"	442	38	5,6	1,8	38	3,5	0,10	0,01	0,6	20,0	0,8	6,6	1,7	0,6	0,7	0,4	0,27	0,02	0,13
237	257	MRN-54493	76°07'25"	47°52'59"	373	20	5,7	2,7	59	5,0	0,08	0,04	0,7	25,5	1,2	8,0	2,0	0,9	1,1	0,6	0,27	0,01	0,22
238	258	Bruce	76°07'11"	47°46'21"	436	16	5,8	4,3	48	4,5	0,12	0,02	0,6	28,0	2,6	8,2	2,7	0,8	1,1	0,5	0,43	0,04	0,17
239	259	MRN-54647	76°13'10"	47°45'12"	373	9	6,2	3,7	27	4,5	0,08	0,01	0,6	25,3	1,6	5,6	2,4	0,7	0,9	0,5	0,11	0,02	0,08
240	260	Blavet	76°21'14"	47°47'36"	363	104	6,5	3,4	14	3,5	0,05	0,01	0,6	22,0	0,8	4,2	1,9	0,7	0,8	0,4	0,06	0,01	0,02
241	261	Saillagnac	77°51'17"	47°22'33"	332	93	5,7	0,9	6	6,0	0,06	0,02	0,4	22,7	0,6	3,0	1,8	0,6	0,7	0,5	0,03	0,03	0,04
242	262	Néré	77°57'32"	47°16'28"	360	129	5,2	0,9	14	5,5	0,06	0,02	0,4	22,5	0,8	4,4	1,8	0,5	0,7	0,4	0,10	0,04	0,09
243	263	MRN-36973	74°29'08"	47°31'37"	485	19	6,4	3,8	35	5,5	0,19	0,09	0,5	27,5	1,2	4,6	2,7	0,6	1,0	0,5	0,37	0,01	0,09
244	264	MRN-37057	74°31'37"	47°00'44"	454	10	6,2	4,3	29	5,5	0,19	0,07	0,6	29,0	2,0	5,2	3,2	0,6	0,9	0,5	0,21	0,02	0,08
245	265	MRN-37724	74°42'36"	47°00'52"	439	26	6,4	11,5	72	6,0	0,21	0,08	1,2	45,5	4,0	10,8	7,1	0,7	1,1	0,5	0,60	0,03	0,07
246	266	MRN-37646	74°44'05"	47°09'16"	393	16	6,8	16,7	24	4,5	0,10	0,05	0,6	48,0	4,4	5,4	6,5	1,1	0,9	1,0	0,12	0,01	0,01
247	267	MRN-37611	74°41'17"	47°14'30"	408	10	6,0	6,6	43	4,0	0,06	0,13	0,6	28,2	4,0	5,4	2,5	0,6	1,6	0,6	0,31	0,02	0,05
248	268	MRN-37596	74°30'27"	47°13'23"	434	17	6,1	4,5	17	6,0	0,25	0,06	0,5	30,2	2,2	3,0	2,7	0,6	1,2	0,8	0,22	0,03	0,07
249	269	Smith	75°16'11"	47°00'10"	268	13	6,7	20,0	23	6,0	0,13	0,10	0,5	59,0	5,4	6,0	7,4	2,0	0,7	0,5	0,25	0,02	0,05
250	270	Sienkiewicz	75°11'42"	47°03'51"	378	54	6,0	1,9	10	5,5	0,04	0,04	0,4	21,7	0,8	4,4	2,3	0,4	0,6	0,3	0,07	0,02	0,05
251	271	Matts	75°07'31"	47°03'30"	297	27	5,5	1,2	20	5,0	0,08	0,02	0,4	21,5	0,8	5,6	2,2	0,4	0,6	0,3	0,22	0,03	0,18
252	272	Melba	75°29'21"	47°12'36"	427	60	5,5	1,1	20	4,5	0,07	0,02	0,3	19,3	0,6	4,6	1,6	0,4	0,5	0,6	0,23	0,06	0,13
253	273	Émard	75°46'34"	47°05'36"	283	18	5,8	1,3	14	5,0	0,06	0,03	0,4	20,0	1,0	4,4	2,0	0,4	0,6	0,4	0,15	0,04	0,10
254	274	Félicia	75°43'14"	47°10'58"	390	57	5,6	2,5	60	4,5	0,11	0,09	0,7	22,3	2,6	1,0	2,6	0,6	0,7	0,5	0,48	0,05	0,28
255	275	Mile-Feuille	75°55'19"	47°13'30"	390	57	5,0	1,3	98	5,0	0,35	0,09	0,6	27,7	1,6	16,0	2,5	0,7	0,6	0,4	0,46	0,04	0,33
256	276	Merryheart	75°36'26"	47°28'44"	390	44	6,2	2,2	7	6,5	0,38	0,02	0,3	23,5	1,0	3,6	2,3	0,6	0,6	0,6	0,02	0,03	0,02
257	277	Hodges	75°43'10"	47°29'45"	408	41	5,5	1,0	35	5,0	0,32	0,03	0,5	20,5	0,8	6,8	1,8	0,5	0,6	0,4	0,27	0,03	0,03
258	278	Vandal	75°16'12"	47°19'50"	421	13	5,6	1,6	49	3,5	0,07	0,02	0,6	20,0	1,4	8,2	1,9	0,6	0,5	0,4	0,41	0,06	0,12
259	279	Morice	75°08'11"	47°21'31"	405	44	6,2	2,0	9	4,5	0,03	0,04	0,4	20,3	0,8	3,2	2,1	0,4	0,6	0,4	0,09	0,04	0,03
260	280	Tuffield	75°01'16"	47°26'19"	405	44	6,1	2,7	13	4,5	0,07	0,01	0,3	21,5	1,4	3,8	2,2	0,5	0,7	0,4	0,11	0,02	0,02
261	281	Menneval	75°23'39"	47°18'18"	302	119	6,5	5,0	34	5,0	0,17	0,03	0,5	30,0	1,4	6,6	3,3	0,8	0,7	0,6	0,24	0,01	0,07
262	282	MRN-45730	74°46'41"	47°15'45"	389	17	6,0	4,4	11	4,0	0,05	0,52	0,4	22,7	2,4	3,4	1,6	0,4	0,6	0,4	0,33	0,03	0,01
263	283	MRN-45724	74°51'55"	47°16'34"	419	13	5,7	3,3	79	3,5	0,08	0,18	0,8	25,0	2,6	10,4	2,5	0,5	1,0	0,3	0,81	0,03	0,20
264	284	Haine	74°52'13"	47°22'19"	405	153	5,7	1,2	28	4,5	0,09	0,04	0,4	19,0	0,4	6,2	1,8	0,4	0,6	0,4	0,19	0,04	0,11

#	NOSEQ	NOM DU LAC	COORD-EST	COORD-NOR	ALT	SURF	pH	ALC	COU	SO_4	NOx	NH4	Cl	COND	CID	COD	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Al
265	285	MRN-45554	74°41'06"	47°19'13"	404	19	5,9	3,6	24	4,0	0,11	0,10	0,4	23,0	1,8	3,6	2,1	0,4	1,0	0,4	0,24	0,03	0,09
266	286	à la Culotte	74°37'02"	47°22'59"	424	1140	6,0	1,6	19	5,0	0,10	0,02	0,6	20,0	0,6	4,6	1,9	0,5	0,7	0,4	0,13	0,03	0,07
267	287	Cabasta	74°33'08"	47°31'47"	451	60	6,0	1,9	38	4,0	0,16	0,01	0,5	22,0	0,8	6,4	1,9	0,6	0,6	0,4	0,27	0,02	0,14
268	288	Kawaskisigat	74°36'21"	47°34'08"	451	93	5,9	1,8	39	3,5	0,16	0,01	0,5	21,0	0,8	6,6	2,0	0,6	0,6	0,4	0,30	0,04	0,15
269	289	de la Belle	74°42'32"	47°33'16"	419	50	5,5	0,9	21	3,5	0,07	0,03	0,4	16,7	0,6	4,2	1,3	0,4	0,4	0,3	0,27	0,05	0,10
270	290	Peabody	74°46'13"	47°31'26"	451	285	5,9	1,8	41	4,0	0,10	0,03	0,6	20,5	0,6	6,6	2,0	0,6	0,6	0,4	0,33	0,02	0,14
271	291	MRN-50359	74°54'01"	47°36'06"	419	14	6,1	2,4	20	4,5	0,07	0,03	0,6	22,0	1,2	4,4	2,0	0,7	0,7	0,4	0,17	0,02	0,06
272	292	MRN-50282	74°56'22"	47°40'25"	404	14	6,2	2,8	13	4,5	0,01	0,07	0,4	21,0	1,4	3,2	2,0	0,6	0,7	0,1	0,09	0,02	0,05
273	293	Hull	74°32'23"	47°44'39"	495	33	6,0	5,2	28	3,5	0,15	0,02	0,6	25,5	3,2	3,4	2,2	0,7	1,0	0,4	0,52	0,04	0,08
274	294	MRN-43367	75°08'38"	47°39'23"	469	60	5,8	0,9	8	4,0	0,03	0,02	0,4	15,7	0,6	2,6	1,3	0,4	0,6	0,2	0,02	0,02	0,06
275	295	MRN-43609	75°24'13"	47°40'58"	419	14	6,2	5,3	44	4,0	0,10	0,15	0,6	28,3	2,8	5,4	2,6	0,7	1,1	0,4	0,61	0,03	0,10
276	296	Lepailleur	75°47'24"	47°32'16"	436	132	5,7	1,2	36	5,0	0,31	0,01	0,5	20,5	0,8	6,4	1,9	0,5	0,6	0,4	0,29	0,03	0,15
277	297	Wyse	75°43'13"	47°35'15"	436	21	5,6	1,5	33	5,0	0,25	0,03	0,5	20,7	1,2	6,6	1,9	0,5	0,6	0,4	0,22	0,03	0,11
278	298	Pumpy	75°56'02"	47°42'51"	405	10	5,9	2,5	35	5,5	0,36	0,01	0,4	26,0	1,2	6,6	2,4	0,8	0,8	0,5	0,21	0,02	0,12
279	299	Gimp	75°52'41"	47°43'24"	436	10	5,7	3,7	58	4,5	0,24	0,27	0,6	27,5	3,6	9,2	2,4	0,8	0,7	0,5	0,65	0,04	0,16
280	300	Scubanachine	75°44'37"	47°41'21"	421	62	5,8	1,9	56	3,0	0,32	0,02	0,5	19,3	1,0	8,6	1,7	0,6	0,7	0,4	0,46	0,02	0,11
281	301	Émile	75°33'30"	47°40'54"	451	23	6,3	4,2	15	4,0	0,30	0,02	0,4	23,5	2,0	4,0	2,3	0,6	0,7	0,5	0,23	0,02	0,02
282	302	Lewis	75°35'44"	47°55'08"	405	8	6,3	5,0	38	4,0	0,09	0,01	0,7	27,0	2,0	6,0	2,8	0,7	1,0	0,5	0,19	0,01	0,10
283	303	MRN-46225	75°33'38"	47°50'47"	404	14	6,4	5,3	31	4,0	0,06	0,01	0,6	25,7	2,0	5,0	2,4	0,8	0,9	0,5	0,32	0,02	0,02
284	304	MRN-46262	75°33'50"	47°49'18"	404	17	5,4	1,6	96	3,5	0,09	0,06	0,7	22,5	1,2	12,4	1,9	0,7	0,8	0,3	0,50	0,02	0,17
285	305	Savard	75°37'22"	47°47'38"	421	31	6,0	2,1	56	3,0	0,10	0,01	0,7	19,2	1,0	8,0	1,8	0,6	0,7	0,4	0,43	0,03	0,08
286	306	Corrigan	75°49'56"	47°48'34"	421	98	6,0	2,0	36	4,0	0,24	0,02	0,5	19,0	0,8	6,4	1,8	0,5	0,7	0,3	0,23	0,01	0,07
287	307	de l'Arsenal	75°55'49"	47°46'36"	408	44	6,0	2,7	31	4,5	0,29	0,02	0,4	22,7	1,0	5,8	2,1	0,6	0,7	0,5	0,17	0,02	0,08
288	308	MRN-74025	75°00'43"	47°48'14"	480	30	6,1	4,6	32	3,5	0,13	0,23	0,5	23,8	2,6	5,0	2,2	0,6	0,9	0,3	0,65	0,04	0,06
289	309	aux Bleuets	75°04'59"	47°56'17"	421	49	5,8	1,5	54	4,0	0,22	0,04	0,7	23,0	0,8	9,4	2,1	0,8	0,8	0,4	0,26	0,03	0,19
290	310	Lefèvre	75°24'01"	47°44'41"	451	85	5,6	1,5	44	3,0	0,10	0,02	0,6	18,3	1,2	7,0	1,8	0,5	0,6	0,3	0,40	0,04	0,11
291	311	MRN-75297	75°25'59"	47°46'25"	404	23	5,4	1,3	79	3,0	0,04	0,03	0,6	18,3	0,8	8,6	1,5	0,5	0,7	0,2	0,96	0,02	0,12
292	312	Rigolade	74°35'38"	47°48'18"	451	62	5,6	1,0	52	4,0	0,21	0,04	0,7	20,5	0,8	7,6	1,7	0,6	0,7	0,5	0,36	0,03	0,24
293	313	MRN-46717	74°33'55"	47°52'53"	434	25	5,8	2,2	45	4,5	0,09	0,04	0,5	22,3	1,2	7,4	2,0	0,7	0,7	0,4	0,40	0,04	0,16
294	314	MRN-46559	74°35'44"	47°57'55"	434	19	5,4	1,7	85	2,0	0,09	0,09	0,6	19,5	1,6	12,2	1,8	0,6	0,5	0,1	0,71	0,03	0,20
295	315	Racine	74°38'26"	47°48'51"	424	16	6,2	3,3	42	3,2	0,22	0,03	0,8	23,3	1,6	5,4	2,1	0,7	0,9	0,6	0,67	0,03	0,13
296	316	Boy	74°24'00"	47°50'49"	436	21	6,1	2,5	21	2,0	0,07	0,01	0,3	16,3	1,2	4,4	1,5	0,5	0,7	0,2	0,18	0,02	0,06
297	317	Bellerive	74°27'12"	47°58'06"	466	73	5,8	3,2	41	3,0	0,20	0,06	0,5	23,0	2,2	6,0	2,1	0,7	0,8	0,3	0,51	0,02	0,11

#	NOSEQ	NOM DU LAC	COORD-EST	COORD-NOR	ALT	SURF	pH	ALC	COU	SO_4	NOx	NH4	Cl	COND	CID	COD	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Al
298	318	MRN-A8093	74°30'13"	48°01'42"	450	13	5,5	1,6	66	2,5	0,09	0,05	0,6	20,0	1,8	8,4	1,7	0,6	0,7	0,2	0,64	0,02	0,16
299	319	Lorette	74°31'11"	48°03'16"	451	293	6,5	3,4	9	3,5	0,02	0,02	0,6	20,2	1,0	3,4	2,1	0,6	0,6	0,3	0,02	0,01	0,01
300	320	MRN-A8214	74°30'35"	48°05'50"	450	38	6,0	3,2	19	3,0	0,08	0,02	0,4	20,0	1,6	4,2	1,9	0,6	0,7	0,2	0,32	0,04	0,05
301	321	Hurricane	75°20'19"	48°01'02"	424	26	6,1	1,8	19	3,0	0,38	0,01	0,5	16,0	0,8	4,2	1,5	0,5	0,5	0,4	0,28	0,02	0,03
302	322	MRN-17566	75°29'26"	48°08'40"	451	67	5,8	1,3	31	3,5	0,26	0,01	0,5	16,7	0,4	6,0	1,3	0,5	0,6	0,4	0,17	0,02	0,09
303	323	Citroën	75°29'48"	48°00'45"	436	13	5,4	0,7	34	3,0	0,24	0,03	0,4	14,3	0,2	6,4	1,1	0,4	0,5	0,2	0,17	0,03	0,13
304	324	MRN-50633	75°36'36"	48°06'53"	434	8	5,4	1,6	57	3,0	0,28	0,04	0,4	18,0	2,2	7,8	1,5	0,5	0,7	0,2	0,31	0,02	0,19
305	325	Bousquet	75°39'42"	48°01'03"	436	39	6,1	1,6	21	4,0	0,22	0,02	0,7	18,0	0,8	5,4	1,5	0,5	0,7	0,4	0,11	0,01	0,06
306	326	Tommy	75°53'37"	48°02'33"	416	28	5,8	1,3	28	5,0	0,20	0,02	0,6	20,4	0,8	6,2	1,6	0,6	0,7	0,5	0,19	0,02	0,14
307	327	Townsend	75°52'43"	48°10'59"	436	21	6,1	2,0	17	4,0	0,23	0,03	0,5	18,5	0,8	4,6	1,4	0,7	0,6	0,4	0,09	0,02	0,03
308	328	Moore	76°00'10"	48°00'25"	419	10	6,0	1,7	34	4,0	0,25	0,02	0,7	19,5	0,8	6,4	1,6	0,6	0,7	0,5	0,22	0,01	0,09
309	329	MRN-51175	76°00'38"	48°03'25"	450	10	5,9	2,5	20	4,5	0,23	0,02	0,5	22,0	1,6	5,0	1,8	0,7	0,9	0,4	0,11	0,02	0,09
310	330	Lanteigne	76°08'26"	48°02'38"	436	13	6,1	2,6	39	4,0	0,18	0,02	0,5	21,0	0,8	6,8	1,8	0,8	0,9	0,5	0,25	0,02	0,12
311	331	Héron	76°14'03"	48°02'15"	439	34	5,6	0,7	35	4,5	0,28	0,04	0,6	20,5	0,8	5,8	1,6	0,6	0,8	0,4	0,20	0,02	0,21
312	332	MRN-84224	76°27'53"	48°04'46"	404	14	5,9	2,3	28	5,0	0,14	0,02	0,6	24,0	1,0	5,4	1,9	0,8	0,8	0,6	0,17	0,02	0,13
313	333	Profond	76°31'35"	48°00'11"	489	27	6,1	2,9	28	5,0	0,18	0,06	0,7	27,5	1,2	5,4	2,2	0,9	0,9	0,5	0,27	0,02	0,13
314	334	Sil	78°33'51"	48°03'27"	358	13	4,2	0,1	79	5,5	0,05	0,14	0,5	37,0	1,0	12,4	1,1	0,5	0,5	0,2	0,66	0,03	0,41
315	335	Lenoir	74°32'01"	46°51'26"	469	117	6,3	3,1	22	5,0	0,13	0,02	0,5	24,5	0,8	5,0	2,5	0,7	0,7	0,5	0,13	0,04	0,05
316	336	Hachette	74°35'44"	46°59'07"	454	34	6,1	3,2	5	5,5	0,04	0,05	0,4	24,2	1,4	2,6	2,5	0,6	0,7	0,5	0,05	0,01	0,01
317	337	Saul	74°44'05"	46°54'58"	454	52	6,2	4,2	37	4,5	0,10	0,02	0,6	25,5	1,2	7,2	3,1	0,5	0,5	0,5	0,32	0,03	0,07

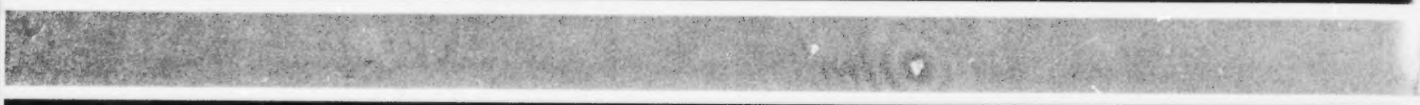
ANNEXE 2

LISTE DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE DU RÉSEAU REPQ UTILISÉES POUR L'INTERPOLATION DES CONCENTRATIONS MOYENNES PONDÉRÉES DE SULFATES POUR CHACUN DES 317 LACS DE LA RÉGION HYDROGRAPHIQUE DE L'OUTAOUAIS

Annexe 2. Liste des stations d'échantillonnage du réseau REPQ utilisées pour l'interpolation des concentrations moyennes pondérées de sulfates pour chacun des 317 lacs de la région hydrographique de l'Outaouais.

STATIONS REPQ (données de 1985)	COORDONNÉES		PRÉCIPITATIONS		$[SO_4^{2-}]^1$ (µeq/L)
	LONGITUDE	LATITUDE	TOTALES (mm)	ANALYSÉES (p. cent)	
Belleterre	47° 23′	78° 42′	852,7	94,7	53,8
Chapais-2	49° 47′	74° 51′	871,2	86,7	40,1
Duparquet	48° 31′	79° 16′	995,3	87,8	48,0
Grande Anse	47° 03′	72° 56′	861,3	93,2	46,7
Hemmingford-Four-Winds	45° 04′	73° 43′	921,3	96,1	54,8
Hémon	49° 04′	72° 36′	863,5	82,3	46,5
Joutel	49° 28′	78° 18′	901,9	97,7	46,6
Lac Bouchette	48° 16′	72° 11′	965,3	94,4	36,2
La Macaza	46° 22′	74° 46′	902,9	91,1	52,1
La Morandière	48° 37′	77° 37′	830,4	94,8	42,8
Lebel-sur-Quévillon	49° 03′	76° 58′	916,0	86,4	49,2
Louvicourt	48° 04′	77° 23′	977,5	86,1	46,3
Mascouche	45° 45′	73° 36′	793,8	90,0	53,9
Montbeillard	48° 03′	79° 16′	925,2	68,3	37,6
Mont-Brun	48° 25′	78° 44′	944,4	94,0	49,8
Montebello-Sedbergh	45° 42′	74° 56′	973,1	78,0	57,8
Parent-S	47° 55′	74° 37′	952,1	95,6	44,9
Rapide-des-Joachims	46° 12′	77° 42′	956,7	96,8	51,8
Rémigny	47° 45′	79° 15′	963,2	86,8	50,6
Rivière-Kinojévis	48° 13′	78° 52′	877,3	88,3	53,7
Saint-Alexis-des-Monts	46° 26′	73° 09′	847,3	95,4	48,2
Saint-Hippolyte	45° 59′	74° 00′	968,1	93,6	44,8
Wright	46° 04′	76° 03′	871,6	78,5	49,4

1 Concentration annuelle moyenne pondérée de sulfates dans les dépôts humides pour 1985.



Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement